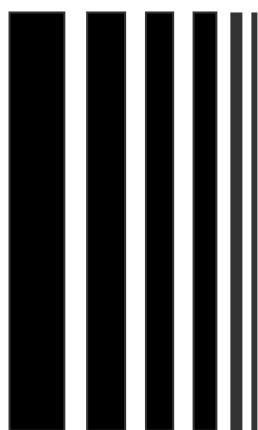


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**



**ПРОЕКЦІЇ З  
ЧИСЛОВИМИ  
ПОЗНАЧКАМИ**



**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ  
ПОСІБНИК  
ТА ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ  
ГРАФІЧНОЇ І САМОСТІЙНОЇ  
РОБОТИ  
ДЛЯ *СТУДЕНТІВ* УСІХ ФОРМ  
НАВЧАННЯ  
З КУРСУ «ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА»  
*для студентів напрямку "Будівництво"***

**Тернопіль  
2010**

**Пік А.І., Ковбашин В.І., Рассказов Ю.С. Проекції з числовими позначками. Навчально-методичний посібник. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2010. – 58 с.**

Укладачі: Пік А.І., Ковбашин В.І., Рассказов Ю.С.

Рецензенти: д.т.н., проф. Рогатинський Р.М., зав.кафедри "Економічна кібернетика"; к.т.н., доц. Бочар І.Й., доцент кафедри Трудового навчання ТНПУ ім. В. Гнатюка.

Відповідальний за випуск доц., к.т.н. Пік А.І.

Навчально-методичний посібник з курсу "Інженерна графіка" містить матеріали з отримання проекцій із числовими позначками. Наведено основні положення побудови проекцій точок, прямих, площин, поверхонь. Подано необхідні відомості для зображення рельєфу ділянок земної поверхні. Викладено правила оформлення зображень з урахуванням останніх змін до вимог стандартів.

Призначено для студентів університетів, коледжів і технікумів стаціонарної та заочної форм навчання будівельних спеціальностей, які згідно з навчальними планами вивчають дисципліну "Інженерна графіка". В розділі "Проекції з числовими позначками" виконано графічні роботи, які містять завдання з теми "Побудова меж земляних робіт".

Об'єм навчально-методичного посібника – 58 сторінок, 39 рисунків.

Використано 7 літературних джерел.

Рекомендовано й затверджено на засіданні кафедри графічного моделювання Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 8 від 17 березня 2010 р.

Схвалено та рекомендовано до друку методичною комісією факультету переробних та харчових виробництв Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 5 від 8 квітня 2010 р.

Схвалено та рекомендовано до друку науково-методичною радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 6 від 10 червня. 2010 р.

# 1. МЕТА

Надання допомоги у вивченні теми «Проекції з числовими позначками» з курсу «Інженерна графіка». Метод проекцій з числовими позначками як плоскої моделі тримірного простору використовується, в основному, при зображенні рельєфу ділянок земної (топографічної) поверхні і різноманітних споруд на ній – залізничних, шосейних доріг, будівельних майданчиків, аеродромів тощо. Студенти повинні вміти аналізувати топографічні поверхні, будувати лінії перетину укосів будівельного майданчика, котловану під забудову, визначати границі насипу та виїмки.

## 2. ПРОЕКЦІЇ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ

Відомо, що положення точки в просторі визначається її прямокутними координатами. Побудова проекції фігури на дві або три площини проекцій можлива лише тоді, коли величини координат точок фігури істотно не різняться між собою, тобто, коли вертикальні та горизонтальні розміри її приблизно однакові.

Якщо ж виникає необхідність зображення фігури, горизонтальні розміри якої набагато перевищують вертикальні, то система трьох площин проекцій виявиться досить незручною у користуванні, оскільки з трьох заданих координат точок фігури практично випадають значно менші за величиною координати  $Z$  і положення фігури у просторі стане невизначеним.

До таких об'єктів належать об'єкти вертикального планування – це ділянки землі з різними спорудами на ній: лотками для стоку води, будівельними майданчиками, котлованами.

Для визначення цього положення заміняють побудову проекцій вертикальних величин фігури на числові позначки, які проставляють на горизонтальній площині біля проекцій точок і вказують, на якій відстані від площини проекцій лежить дана точка фігури. Позначки показують перевищення точок над горизонтальною площиною проекцій. При проектуванні земної поверхні за абсолютний нульовий рівень приймають постійний рівень води в Балтійському морі. Інколи використовують умовний нульовий рівень. При цьому всі точки, розміщені вище площини, прийнятої за умовний нульовий рівень, позначають зі знаком «+», а точки, розміщені нижче площини, позначають зі знаком «-». Знак «+» часто не проставляють.

Проекції з числовими позначками виконують в заданому масштабі на основі прямокутного проектування на одну площину проекцій, за яку здебільшого приймають горизонтальну площину проекцій  $\Pi_1$ .

Спосіб проекцій з числовими позначками застосовують для зображення ділянок земної поверхні майбутнього будівництва різноманітних споруд, виготовлення топографічних та інших карт, оскільки в цих випадках вертикальний розмір (висота) предмета невеликий порівняно з його горизонтальними розмірами (довжиною, шириною) і вертикальну проекцію будувати незручно.

## 2.1. Проекції точки

На рис. 1а зображено наочно точки, розміщені над і під площиною  $\Pi_1$ . На проекції (рис. 1б) ставлять числові позначки поруч з горизонтальними проекціями у вигляді індексів, що вказує на відстань від точки  $\Pi_1$ , як правило в метрах, і вважається числовою позначкою. Прийнято вважати числові позначки додатними, якщо точка лежить над площиною, і від'ємними – під площиною. Щоб за проекціями з числовими позначками визначити положення точок у просторі, достатньо із кожної точки проставити перпендикуляри і на них в заданому масштабі відкласти вказане число одиниць. Тому для задавання точок за способом проекцій з числовими позначками, крім числових позначок точок, що проектуються, необхідно мати масштаб або вказівки, в яких лінійних одиницях виражені дані числові позначки.

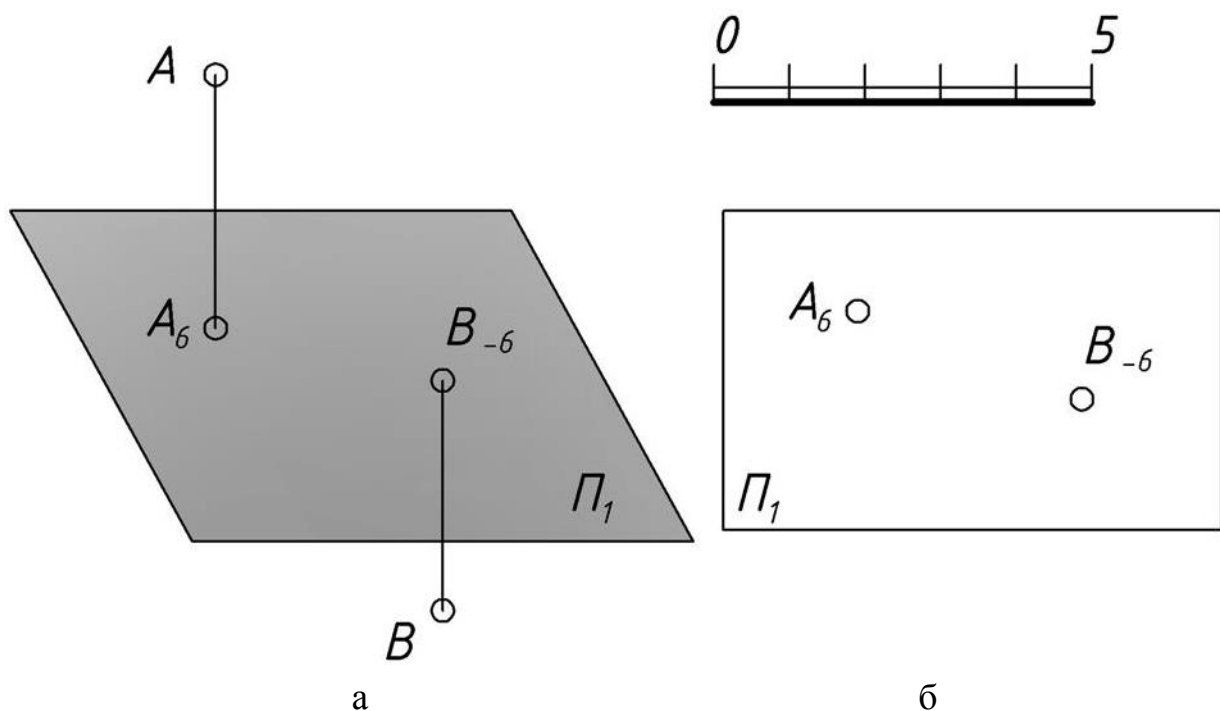


Рис. 1. Задавання точок

Положення площини можна змінити паралельно самій собі, перенісши її вгору або вниз. При цьому будуть змінюватися числові позначки заданих точок на величину, на яку буде переміщена площина.

## 2.2. Проекції прямої лінії

На кресленнях у проекціях з числовими позначками пряма може визначатися проекціями двох її точок (рис. 2а) або проекціями прямої й однієї її точки та кутом нахилу прямої до площин горизонту (рис. 2б). Стрілка вказується в напрямі спаду прямої.

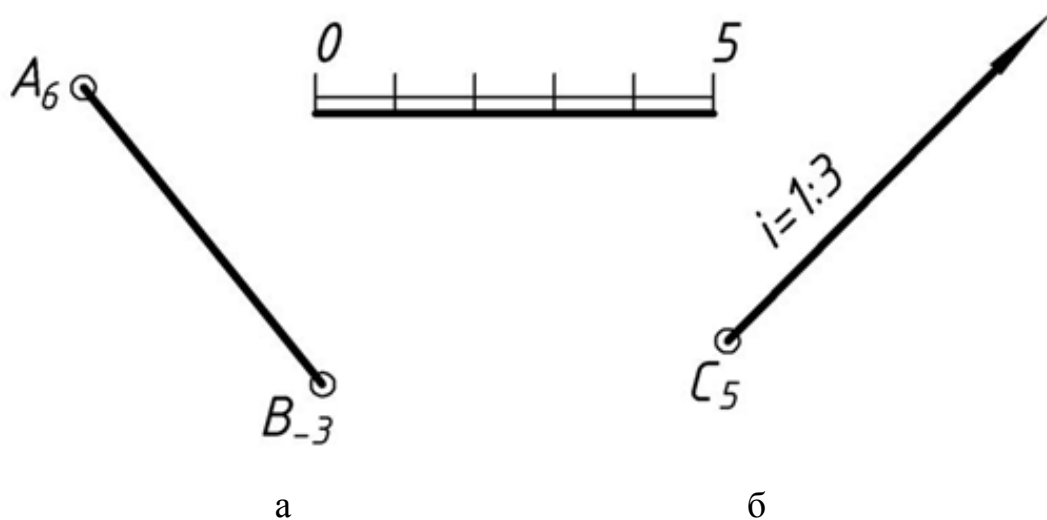


Рис.2. Задавання прямих

На рис. 3. зображена побудова проекції відрізка  $AB$  на площину нульового рівня  $\Pi_0$ .

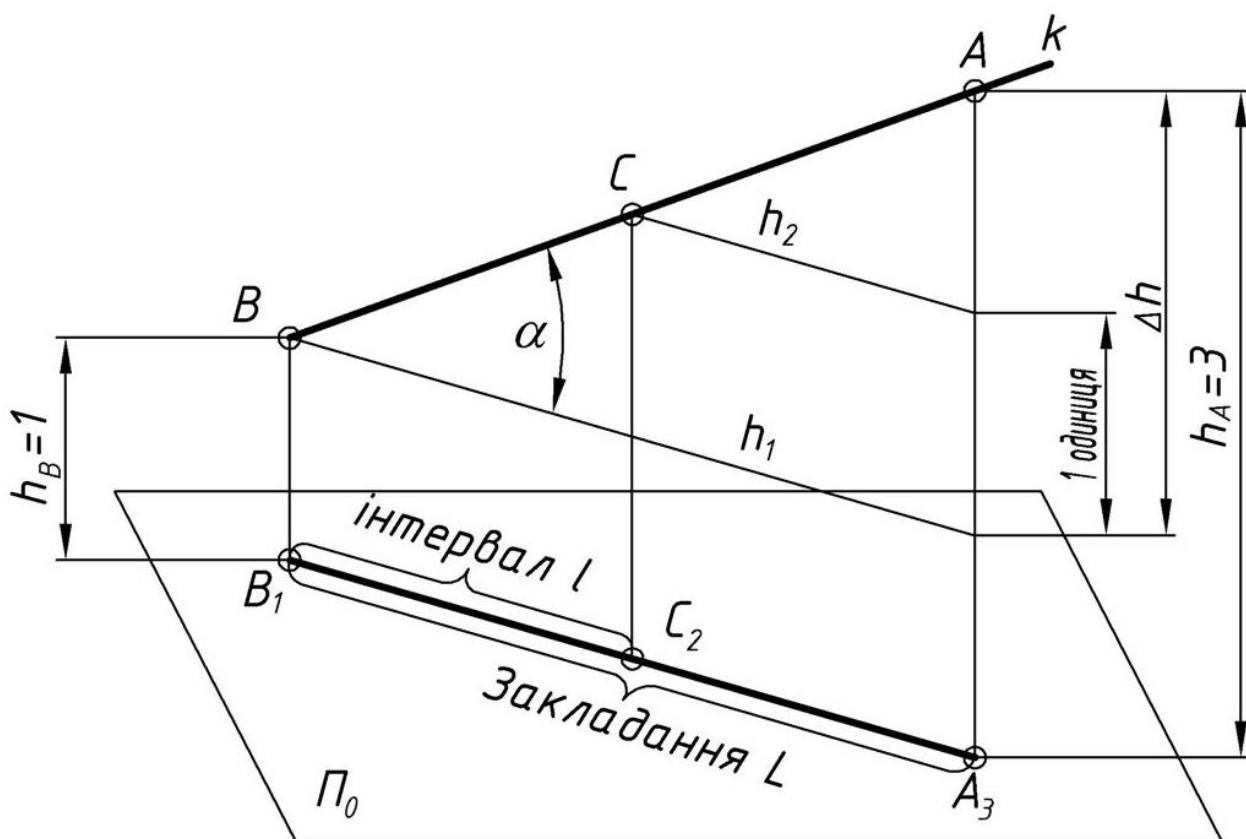


Рис. 3. Проектування відрізка

Проекцію відрізка на площині називають закладанням відрізка, яке позначається  $L = A_3B_1$ . Відстань від точки  $A$  до площини проєкцій  $\Pi_0$  буде висотою точки ( $h_A$ ). Висота точки  $B$  ( $h_B$ ). Різниця  $h_A - h_B = \Delta h$  свідчить про перевищення точки  $A$  над точкою  $B$ .

Кут нахилу прямої  $k$  до площини проєкцій дорівнює куту між відрізком та його проєкцією на площині  $\Pi_0$ .

Через точки  $B$  і  $C$  проведені лінії рівня  $h_1$  і  $h_2$  паралельно до площини  $\Pi_0$  і відповідно паралельно до проєкції відрізка  $L$ . Ліній рівня буде стільки, на скільки частин поділимо відрізок  $AB$ . Співвідношення  $i = \Delta h / L = \operatorname{tg} \alpha$  – називають нахилом прямої.

Якщо взяти на відрізку дві точки  $B$  і  $C$ , різниця висотних позначок яких дорівнює одиниці виміру, то проєкція цього відрізка на горизонтальну площину проєкцій буде називатись інтервалом прямої. Позначимо його  $l$ .

Отже, інтервалом  $l$  прямої називають горизонтальну відстань (або горизонтальне закладання) між такими двома точками, у яких різниця рівнів (позначок) дорівнює одиниці виміру (1 м, 10 м, 100 м...). Інтервал прямої є величина, обернена до нахилу:  $l = L / \Delta h = 1/i$ . На рис.3 перевищення точки  $C$  відповідає одиниці виміру, тому відрізок  $B_1C_2$  є інтервалом прямої  $k$ .

Горизонтальна пряма проєкціюється з однаковими числовими позначками. Вертикальна пряма – в точку з двома різними позначками.

### 2.3. Градування прямої

При зображенні прямої та розв'язуванні задач, пов'язаних з нею в проєкціях з числовими позначками, зручно мати на прямій позначки, які б були цілими, а не дробовими числами, тобто точки, різниця висотних позначок яких дорівнює одиниці виміру. На площині проєкцій відстань між такими точками, як відомо, дорівнює інтервалу прямої.

Графічні дії для виявлення інтервалу прямої або визначення на прямій точок з цілими числовими позначками, для яких різниця позначок дорівнює одиниці (1м, 10м...). називають градуванням прямої.

Проградувати пряму означає знайти на її проєкції такі дві точки, у яких різниця висотних позначок дорівнює одиниці, а позначками є послідовні цілі числа.

**Задача.** Проградувати пряму  $k$ , задану точками  $A(+5,4\text{м})$  та  $B(12,7\text{м})$ .

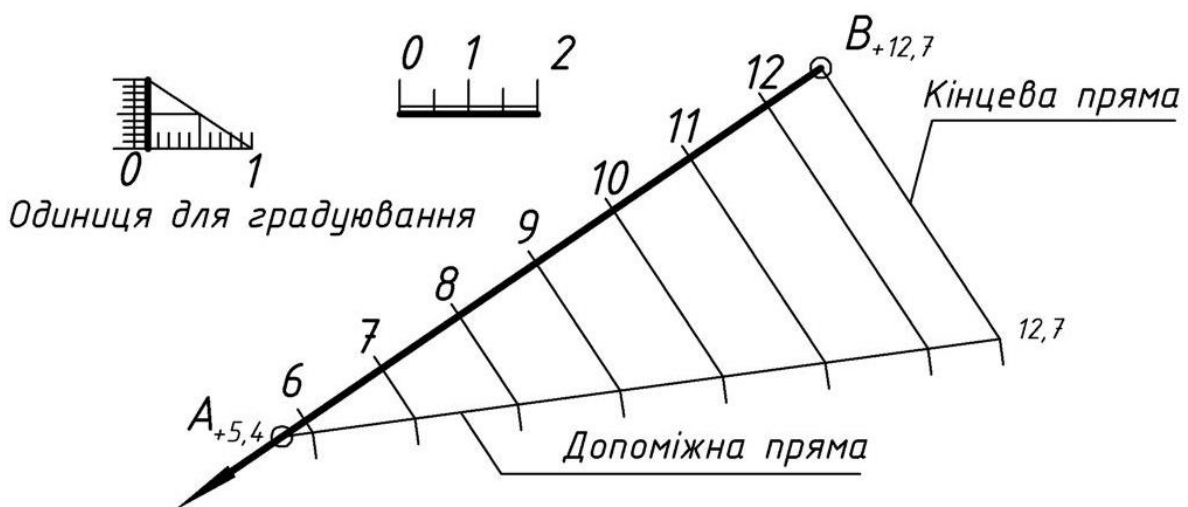


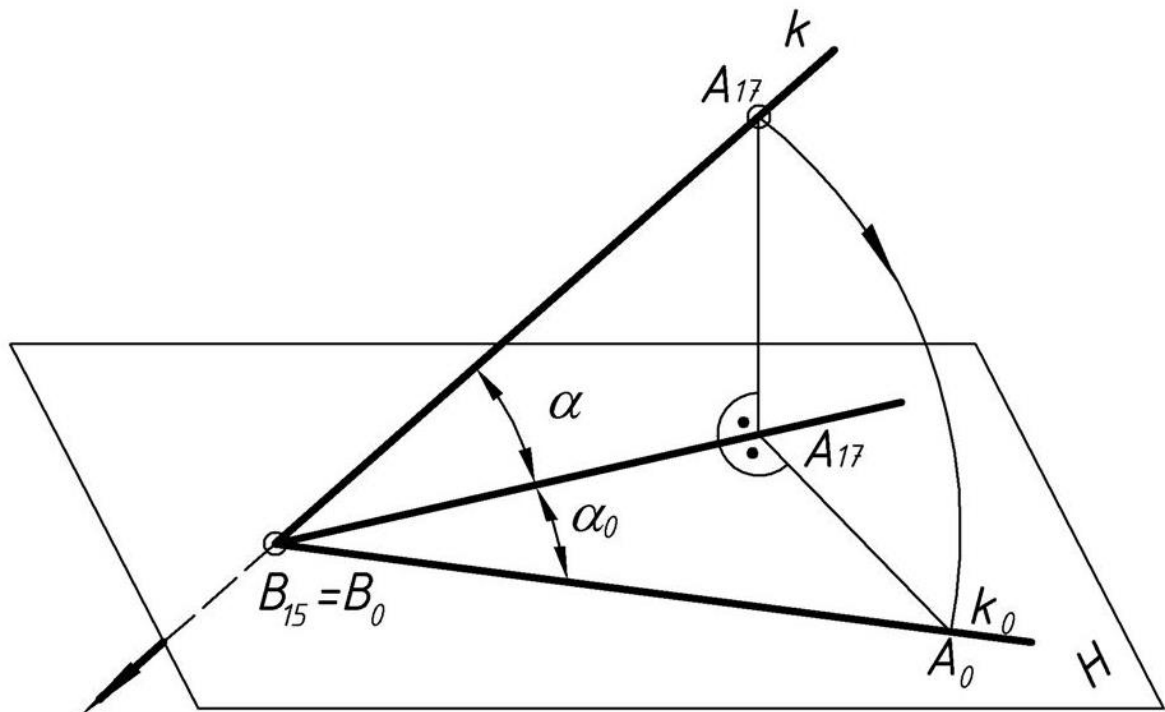
Рис.4. Градування прямої

Через точку з меншою числовою позначкою (т.А) під довільним кутом проводимо допоміжну пряму, визначаємо різницю позначок точок ( $12,7 - 5,4 = 7,3$ м.) і вибираємо одиницю градуювання. Такою одиницею може бути довільний відрізок, який легко поділити на десять частин. Для полегшення побудови доцільно використати масштабну лінійку. На допоміжній прямій від точки А відкладемо 7,3 таких одиниць і одержимо кінцеву точку, яку позначимо точкою 12,7 вищої точки В. Сполучимо цю точку з точкою В і отримаємо лінію, яку названо кінцевою.

Доцільно, щоб кут між кінцевою прямою і проекцією становив  $90^\circ$ . Це досягається підбором одиниці градуювання. Потім на допоміжній прямій позначимо точки 6,7, ... 12 і через них проведемо прямі, паралельні до кінцевої лінії. На перетині з проекцією прямої визначимо на ній точки з цілими числовими позначками.

#### **2.4. Визначення довжини відрізка прямої та кута нахилу до горизонтальної площини**

На рис.5 наочно зображено відрізок загального положення в просторі. Для знаходження дійсної величини відрізка АВ проводимо через нижню точку В площину Н – площину горизонту і суміщаємо відрізок АВ з цією площиною. В прямокутному трикутнику, в якому одним катетом є проекція відрізка на площину, а другим – різниця позначок цього відрізка, гіпотенуза дорівнює дійсній величині відрізка АВ. Кут  $\alpha_0$  між проекцією відрізка на площину Н і гіпотенузою  $A_0B_0$  буде кутом нахилу відрізка до площини проєкцій.



**Рис.5. Визначення довжини відрізка.**

На рис.5 зображено побудову дійсної величини відрізка АВ і кута нахилу прямої до площини горизонту. Для цього проєкцію  $A_{17}B_{15}$  приймаємо за

перший катет прямокутного трикутника. В кінцевій точці  $A$  (точці з більшою позначкою) проводимо під прямим кутом другий катет, величина якого дорівнює різниці числових позначок ( $17-15=2\text{м}$ ). Отримана гіпотенуза дорівнює дійсній величині відрізка  $AB$ , а кут  $\alpha$  – куту нахилу відрізка до площини горизонту.

### 2.5. Взаємне положення двох прямих

Як відомо з курсу «Нарисна геометрія» дві прямі в просторі можуть бути паралельними, перетинатись або мимобіжними.

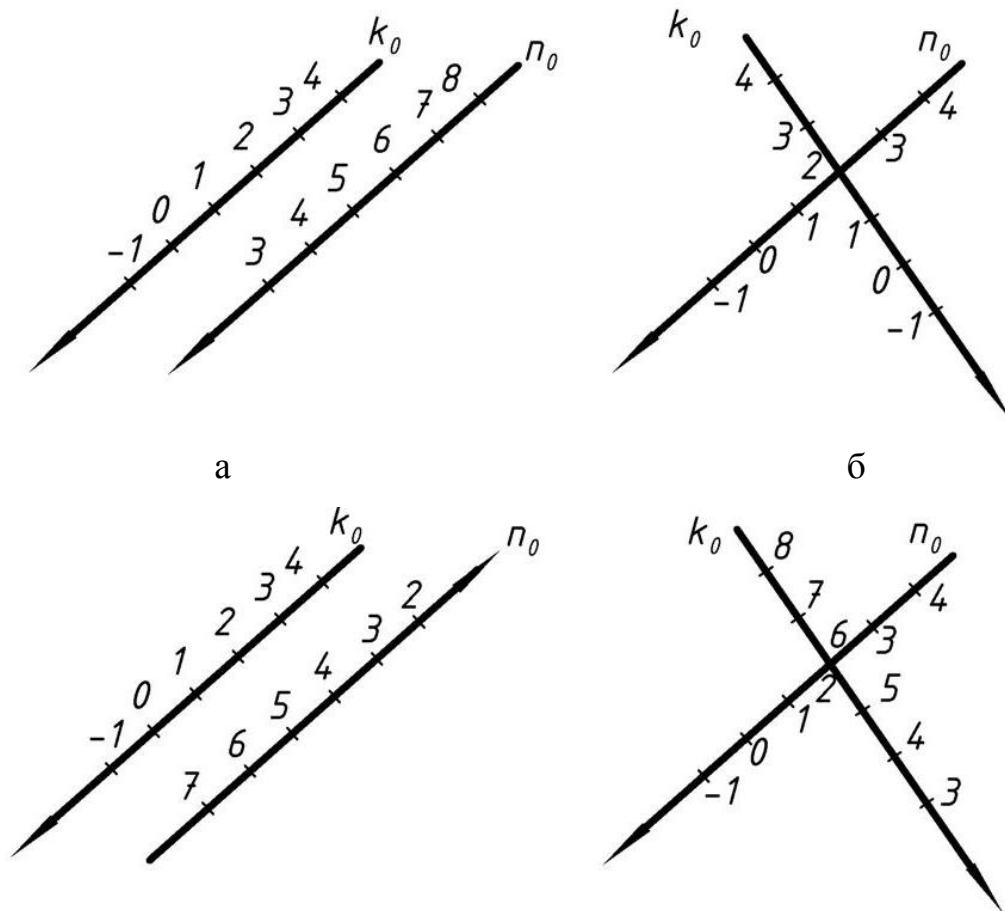
Паралельність двох прямих на проекціях з числовими позначками (рис. 6а) досягається, якщо:

1. Проекції двох паралельних прямих паралельні.
2. Числові позначки зростають в один і той же бік, тобто нахили однакові.
3. Інтервали паралельних прямих рівні між собою.

Перетин двох прямих на проекціях з числовими позначками (рис. 6б) досягається, якщо:

1. Проекції таких прямих перетинаються.
2. Точка перетину має однакову висотну позначку на обох проекціях прямих.

Дві прямі мимобіжні, якщо на проекціях не дотримано ознак паралельності та перетину (рис. 6в).



В

Рис.6. Взаємне положення прямих



## 2.6. Задавання площини. характерні лінії площини

Площина задається проекціями трьох точок, які не лежать на одній прямій; проекціями прямої і точки, яка не лежить на прямій, проекціями двох паралельних або які перетинаються прямих (відомо з курсу нарисної геометрії).

Однак у проекціях з числовими позначками вигідніше задати площину використовуючи характерні лінії площини. До характерних ліній площини належать горизонталі площини та лінія найбільшого нахилу площини. Горизонталь площини – це пряма, що належить площині й паралельна до площини горизонту. Лінія найбільшого нахилу площини – пряма, що належить площині і перпендикулярна до всіх горизонталей площини. На рис.7 зображена площина  $Q$ , в якій проведено горизонталі  $h_0, h_1, \dots$  з одиницею виміру 1м, і лінію найбільшого нахилу  $l_Q$  перпендикулярно до горизонталей.

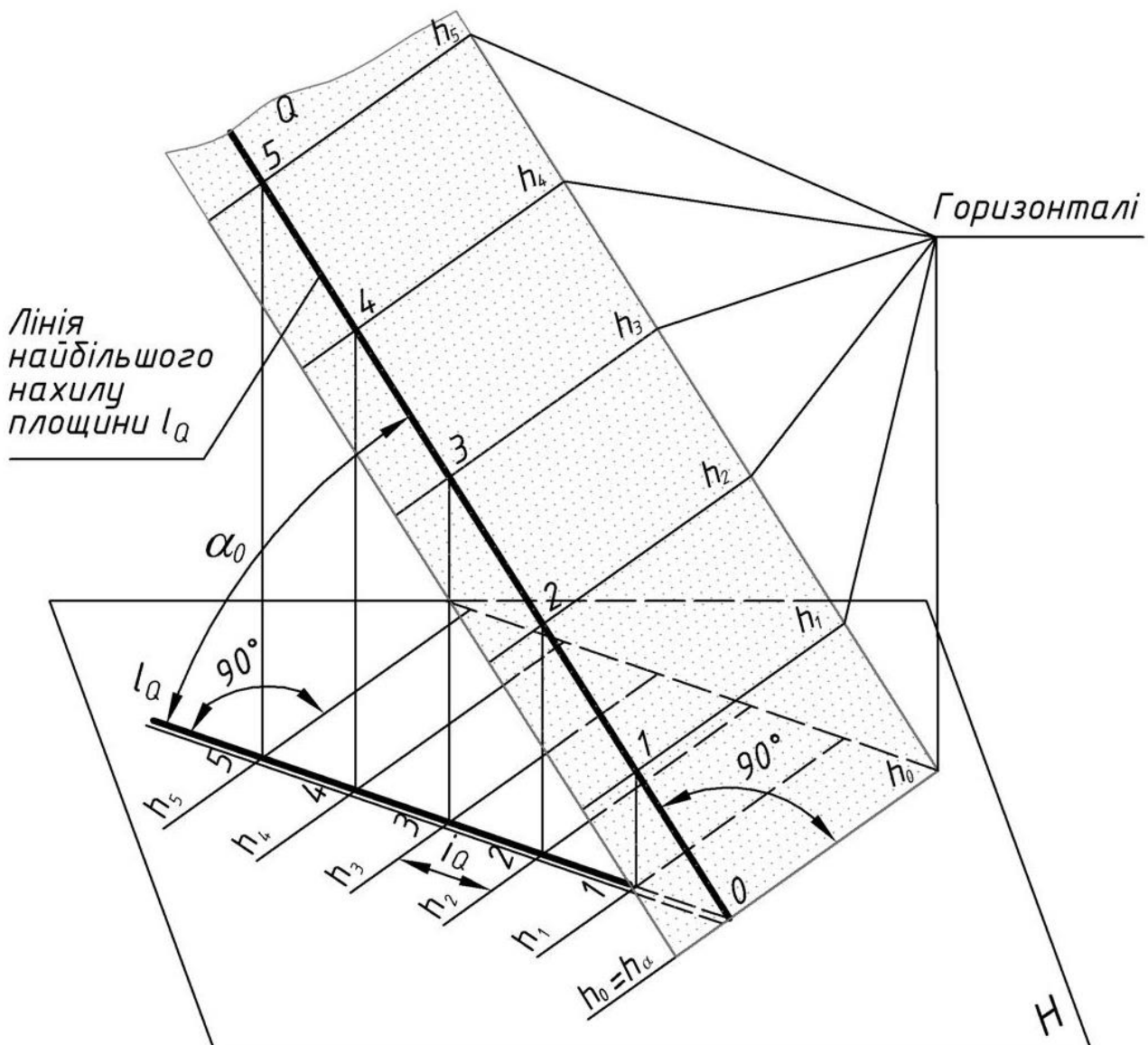


Рис. 7. Проектування площини

Лінія найбільшого нахилу проектується у пряму, перпендикулярну до проєкцій горизонталей, на якій у перетині з останніми проставляємо цифри 0, 1, 2... тобто висотні позначки горизонталей. Відстань між проєкціями

горизонталей буде інтервалом і лінією найбільшого нахилу, оскільки різниця рівнів горизонталей дорівнює одиниці виміру 1м.

Легко бачити, що горизонтальна проекція лінії найбільшого спаду площини  $Q$  стає таким чином проградуйованою, завдяки чому нею можна задати площину. Проградуйовану проекцію лінії найбільшого спаду називають **масштабом спаду**.

На кресленнях у проекціях з числовими позначками масштаб спаду зображається подвійною лінією, одна з яких тонка, а друга – потовщена. Зрозуміло, що інтервал і кут спаду (нахилу) площини дорівнює відповідно інтервалу і куту нахилу лінії найбільшого нахилу. На рис. 8 зображено креслення площини  $Q$ , заданої в числових позначках масштабом спаду  $l_Q$  (лінія найбільшого нахилу). Також тут показані горизонталі площини і кут нахилу площини.

Кут  $\alpha$  нахилу площини визначається як кут між натуральною довжиною лінії найбільшого нахилу і проекцією масштабу спаду. Для знаходження кута відкладаємо від точки 4 різницю позначок в 4 одиниці на перпендикулярі (горизонталі) до лінії найбільшого нахилу. З'єднавши точки 0 та 4', отримаємо шуканий кут  $\alpha$ . Чим менший кут площини, тим більший інтервал, і навпаки, чим більший кут, тим менший інтервал.

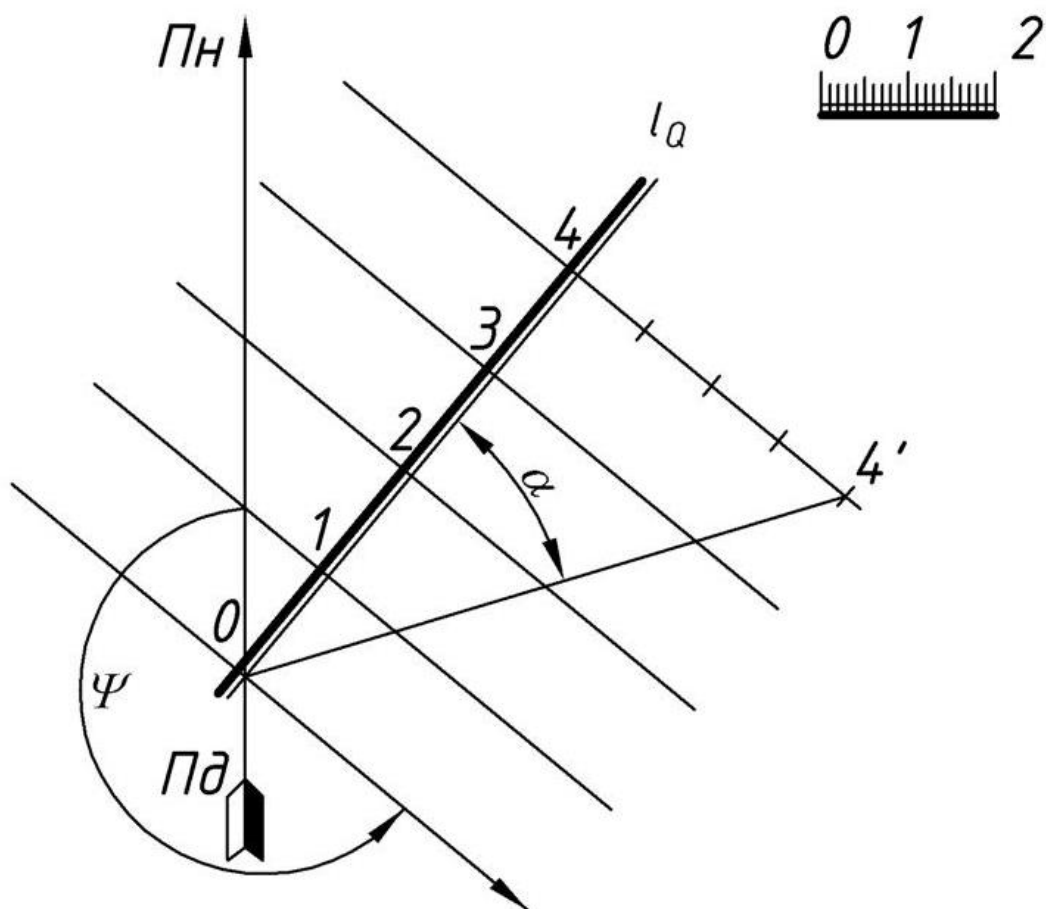


Рис.8. Зображення площини і кута її нахилу

У випадках, коли орієнтують площину відносно сторін світу, користуються напрямом простягання площини та кутом простягання площини.

*Напрямом простягання площини вважається правий напрям горизонталей, якщо дивитись у бік підйому площини (див. рис. 8).*

*Кутом простягання  $\Psi$  називають кут, що вимірюється в горизонтальній площині проти руху годинникової стрілки, від північного кінця магнітної стрілки до напрямку лінії простягання площини (див. рис. 8).*

### 2.7. Пряма і точка в площині

Пряма лежить у площині, якщо точки прямої лежать на відповідних горизонталях площини.

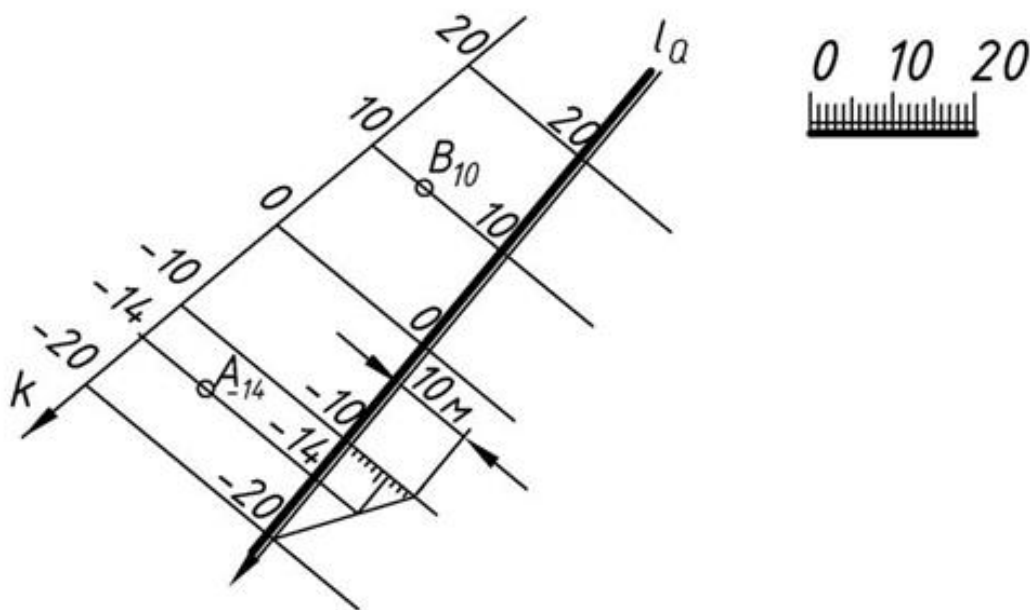


Рис.9. Належність прямої і точки площині

Показана площина  $Q$ , задана масштабом спаду  $l_Q$ , з інтервалом  $i_Q$ .

Щоб побудувати пряму  $k$  проводимо через позначки масштабу спаду горизонталі до перетину з прямою  $k$ . Одержані точки перетину визначають позначки на прямій  $k$ , які дорівнюють відповідним позначкам площини. Отже, пряма  $k$  лежить у заданій площині.

Точка лежить у площині, якщо вона лежить на будь-якій прямій даної площини, а також на відповідній горизонталі площини (точки  $A$  і  $B$  на рис. 9).

### 2.8. Градування площини

Градування площини розглянемо на прикладі, коли площина  $Q$  задана трикутником  $ABC$ , вершини якого відповідно мають позначки 5, 10, 3 (рис. 10).

Для градування площини необхідна наявність горизонталей. Градуємо сторону трикутника між вершинами, що мають найбільшу різницю позначок ( $BC$ ). Через точку  $A_5$  та точку 5 на  $BC$  проводимо пряму – горизонталь площини. Паралельно до цієї прямої проводимо інші горизонталі через усі точки прямої  $BC$ . Через точку  $B$  перпендикулярно до горизонталей площини

проводимо лінію найбільшого нахилу  $l_Q$  – масштаб нахилу площини  $Q$  до горизонтальної площини.

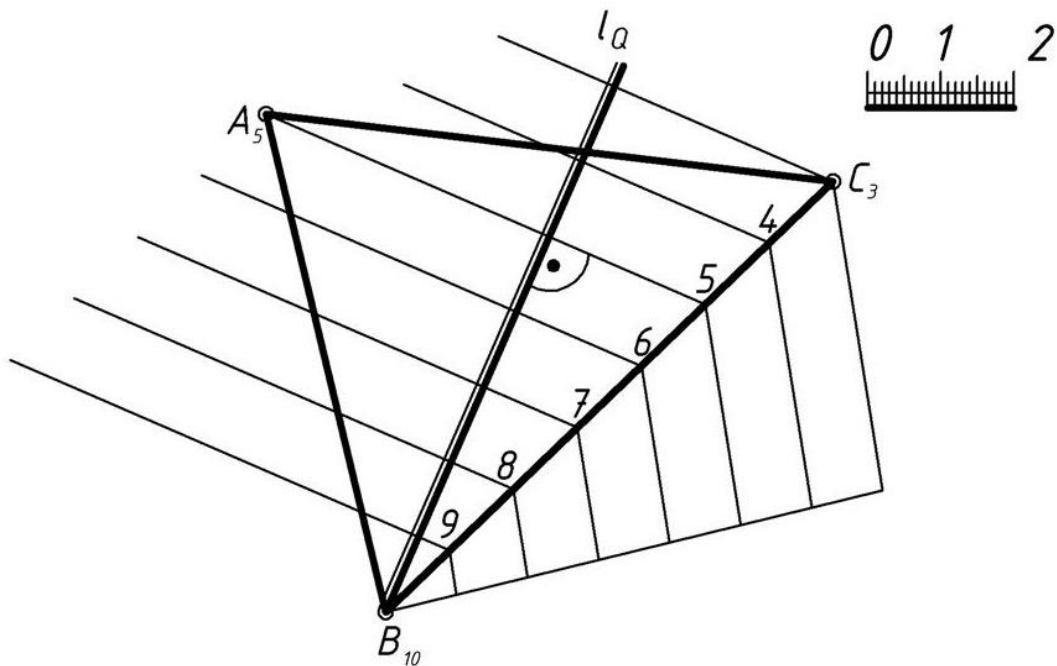


Рис. 10. Градування площини

*Приклад.* Побудувати масштаб падіння площини  $P$ , що проходить через точку  $A_8$ , якщо кут простягання  $\varphi=225^\circ$ , а кут спаду (нахилу площини до  $\Pi_1$ )  $\alpha=50^\circ$ .

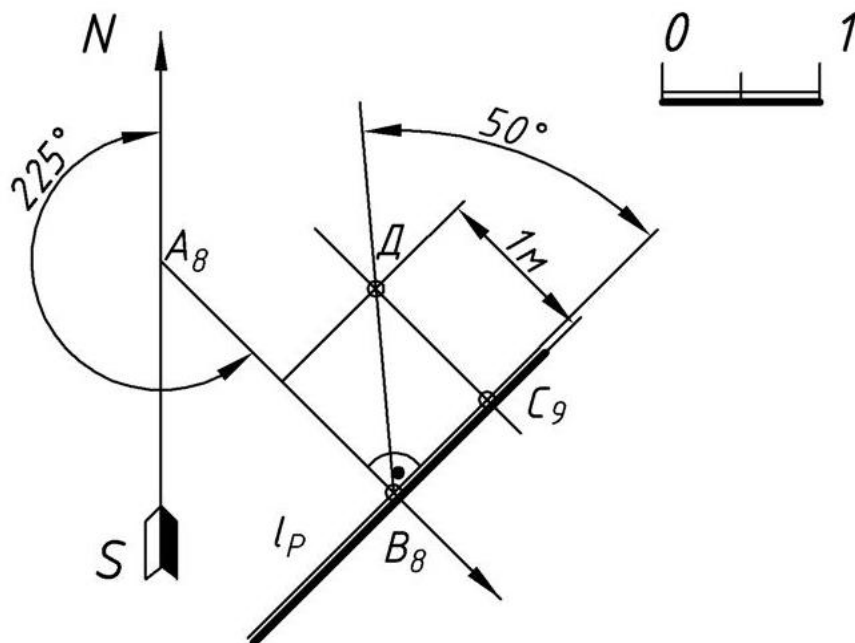


Рис. 11. Побудова масштабу падіння площини

Через точку  $A$  проводимо земний меридіан  $NS$ . Точку  $A$  приймаємо за вершину кута простягання і через неї проводимо другий промінь кута  $\varphi$ , що фіксує напрямок простягання. Для площини  $P$  цей промінь є горизонталлю з

позначкою 8, перпендикулярно до якої креслимо проекцію лінії нахилу. Для її градування необхідно знайти інтервал, для чого будуємо прямокутний трикутник  $BCD$  за заданим кутом  $\alpha$  та катетом  $CD=1\text{м}$ .

### 2.9. Взаємне положення двох площин

Площини в просторі можуть бути між собою паралельними та перетинатись.

Умови паралельності прямих на проекціях з числовими позначками:

- а) паралельність масштабів спаду;
- б) рівність спадів;
- в) рівність інтервалів масштабів.

На рис. 12а зображено дві паралельні площини  $P$  і  $Q$ .

Для площин, що перетинаються, є відсутність хоча б однієї ознаки з паралельності площин. На рис.12б зображені дві площини  $R$  і  $G$ , що перетинаються.

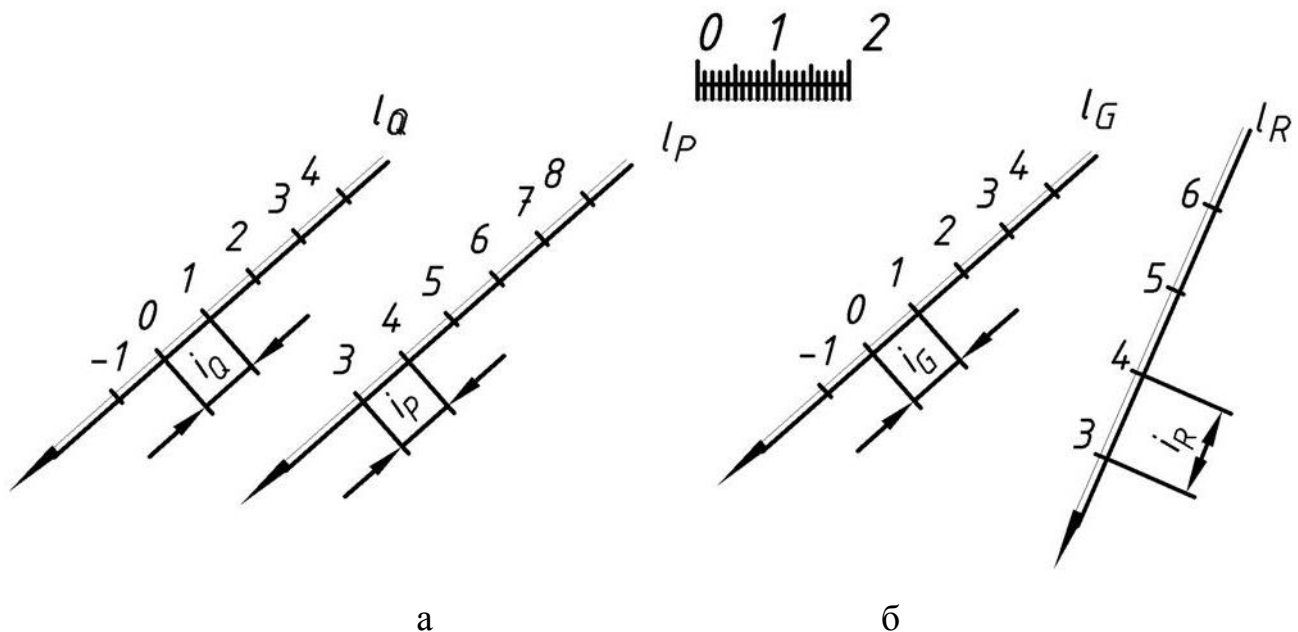


Рис. 12. Взаємне положення площин

Для знаходження лінії перетину двох площин у проекціях із числовими позначками достатньо визначити дві точки перетину горизонталей з однаковими позначками обох площин. З'єднавши знайдені точки, отримаємо лінію перетину двох площин. На рис. 13а наочно зображено дві площини  $R$  і  $Q$ , що перетинаються по прямій  $k$  і дві горизонтальні площини  $H_{10}$  і  $H_{20}$ , які перетинають задані площини  $R$  і  $Q$  по горизонталях. Перетин горизонталей з однаковими позначками визначить точки  $A_{10}$  і  $B_{20}$ , які сполучаємо, і знаходимо лінію перетину площини  $R$  і  $Q$ .

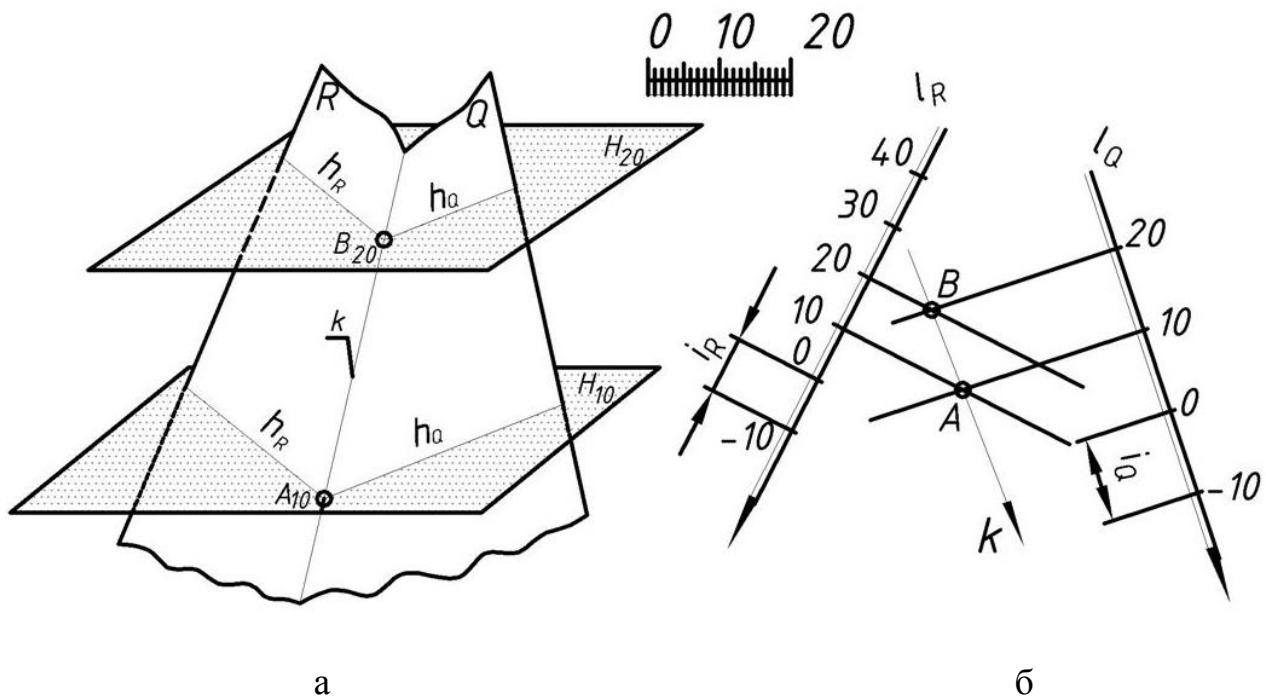


Рис.13. Перетин площин

На рис.13б зображено побудову лінії перетину площин у проекціях з числовими позначками.

У випадку, коли укосів з різними нахилами є кілька, вигідно побудувати графік масштабів нахилів (рис.14) на заданому лінійному масштабі.

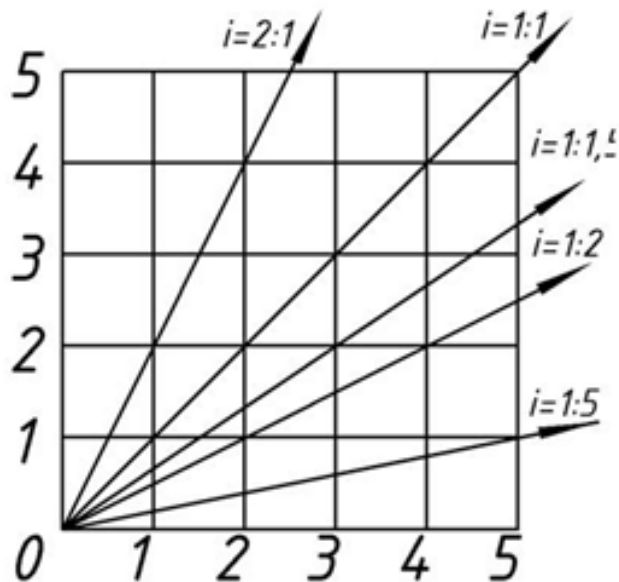


Рис.14. Графік масштабів нахилів.

Спочатку будують сітку, сторона клітки якої дорівнює одиниці лінійного масштабу, тобто масштабу, в якому проводиться побудова споруди. На одержаній сітці від точки «0» наносять прямі відповідно до заданих нахилів. За допомогою такого графіка зручно визначати інтервали укосів насипів, виїмок та інтервали дороги. Крім задавання площини масштабом нахилу, часто

застосовують задавання площини нахилом « $i$ » її схилів, напрями яких вказують стрілкою.

*Приклад 1.* Побудувати земляну споруду (насип) з нижньою основою нульового рівня. Верхня основа споруди має форму прямокутника і числову позначку “+4” одиниці масштабу. Бокові грані (укоси насипу) мають нахили  $i_1=1:1$ ,  $i_2=1:2$ , які вказано стрілками. Побудувати лінії перетину укосів споруди між собою і лінію перетину споруди з площиною нульового рівня (рис. 15).

*Розв’язання.* 1. На лінійному масштабі будуюмо графік нахилів схилів  $i_1=1:1$ ,  $i_2=2:1$  і визначаємо інтервали  $l_1=1/i_1$ ,  $l_2=1/i_2$  схилів.

2. Перпендикулярно до кожної сторони верхньої основи споруди, що має позначку “+4”, викреслюємо масштаб нахилів схилів з визначеними інтервалами і будуюмо горизонталі схилів.

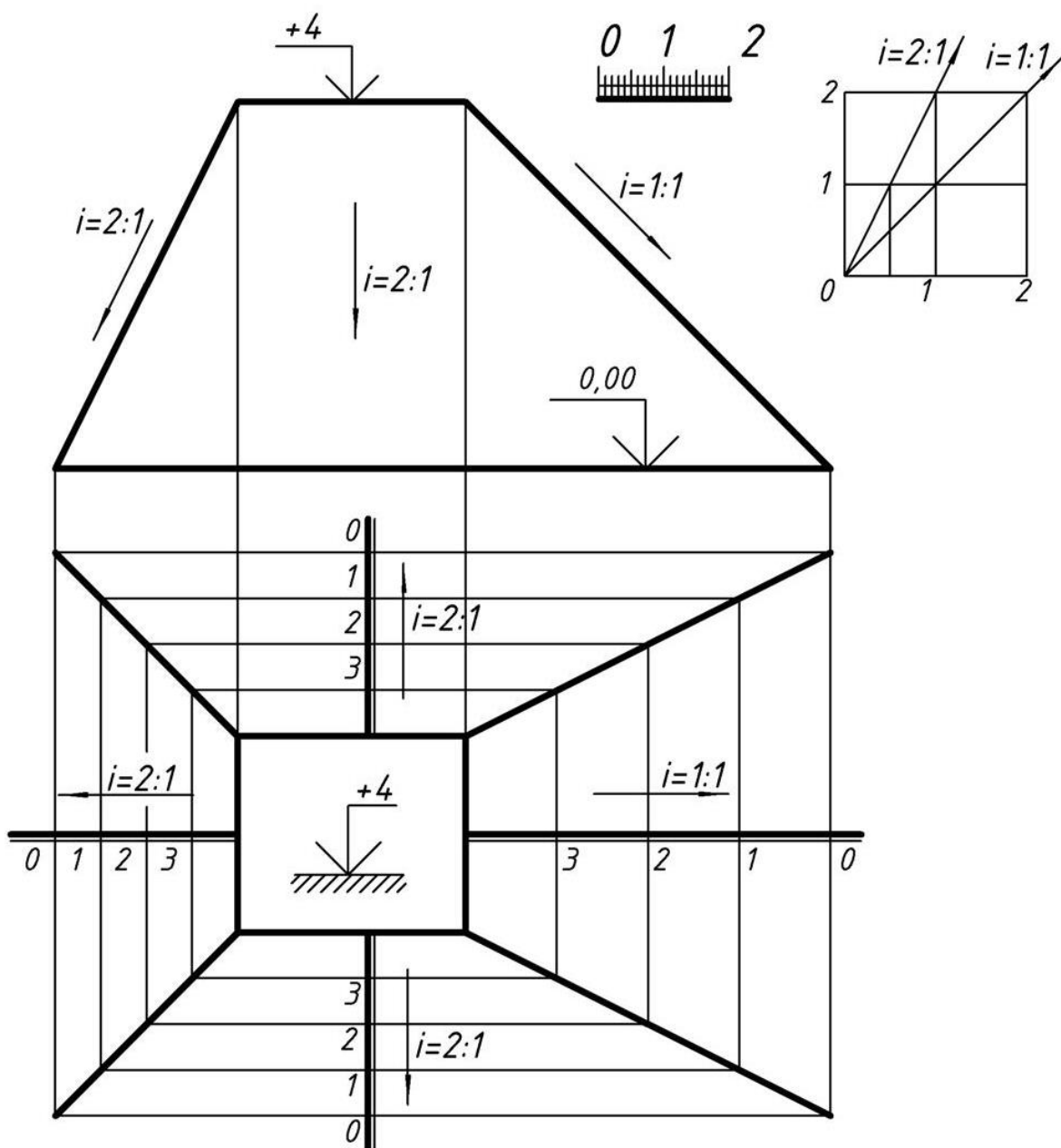


Рис. 15. Побудова ліній перетину укосів

3. Горизонталі з однаковими позначками суміжних граней укосів перетинаються між собою і визначають токи лінії перетину укосів. Нижня основа насипу збігається з нульовими горизонталями укосів, тобто площиною нульового рівня. По отриманій горизонтальній проекції споруди будуюмо її фронтальну проекцію.

*Приклад 2.* Побудувати лінію перетину укосів горизонтального майданчика складної форми, що знаходиться на висоті 9м, позначка оточуючої місцевості – 6м. Ухил укосів майданчика по контуру ABCDEKL 2:1, в межах контуру LMA – 1:1 (рис.16).

*Розв'язання.* 1. На лінійному масштабі будуюмо графік нахилів схилів  $i_1=2:1$ ,  $i_2=1:1$  і визначаємо інтервали  $l_1=1/i_1$ ,  $l_2=1/i_2$  схилів.

2. Перпендикулярно до кожної сторони верхньої основи споруди, що має позначку «+9», викреслюємо масштаб ухилів схилів з визначеними інтервалами і будуюмо горизонталі схилів.

3. Між точками С і D викреслюємо проекції горизонталей поверхні прямого кругового конуса – концентричні кола, радіуси яких збільшуються на один інтервал.

4. Горизонталі з однаковими позначками суміжних граней укосів перетинаються між собою і визначають токи лінії перетину укосів. Сполучивши точки перетину горизонталей з позначкою «+6», отримаємо лінію перетину укосів майданчика з площиною оточуючої місцевості.

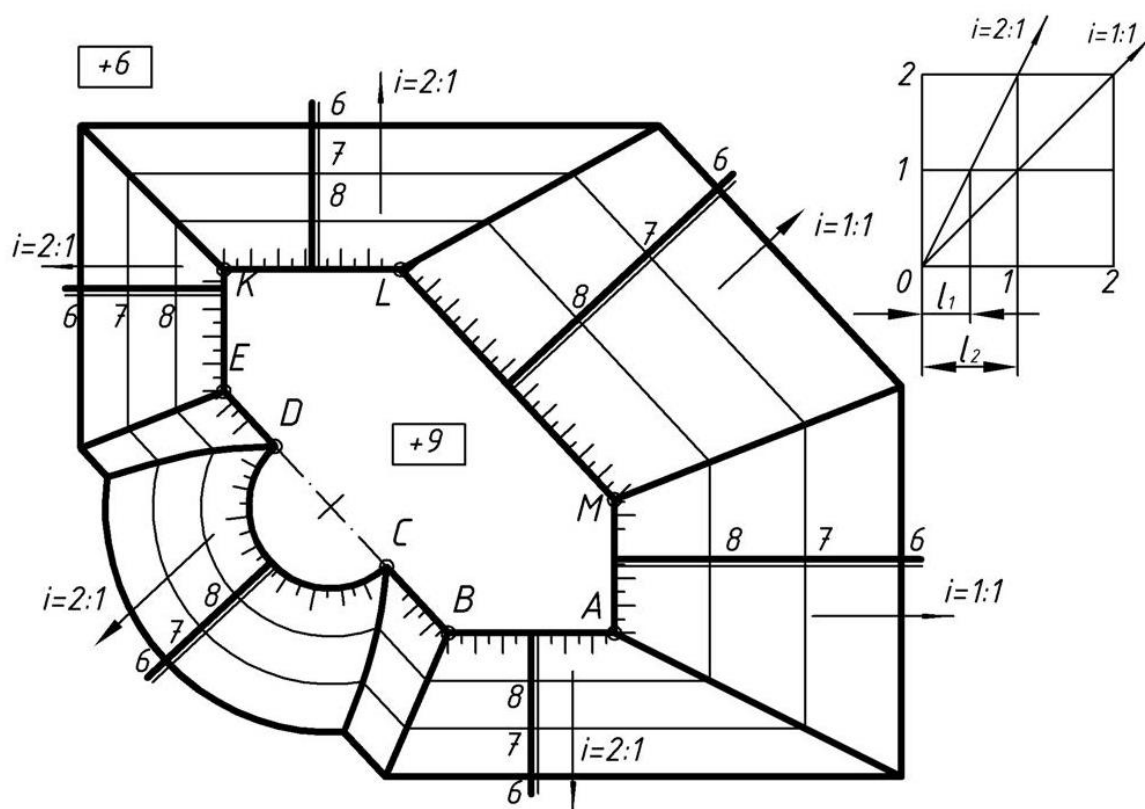


Рис. 16. Побудова ліній перетину укосів майданчика

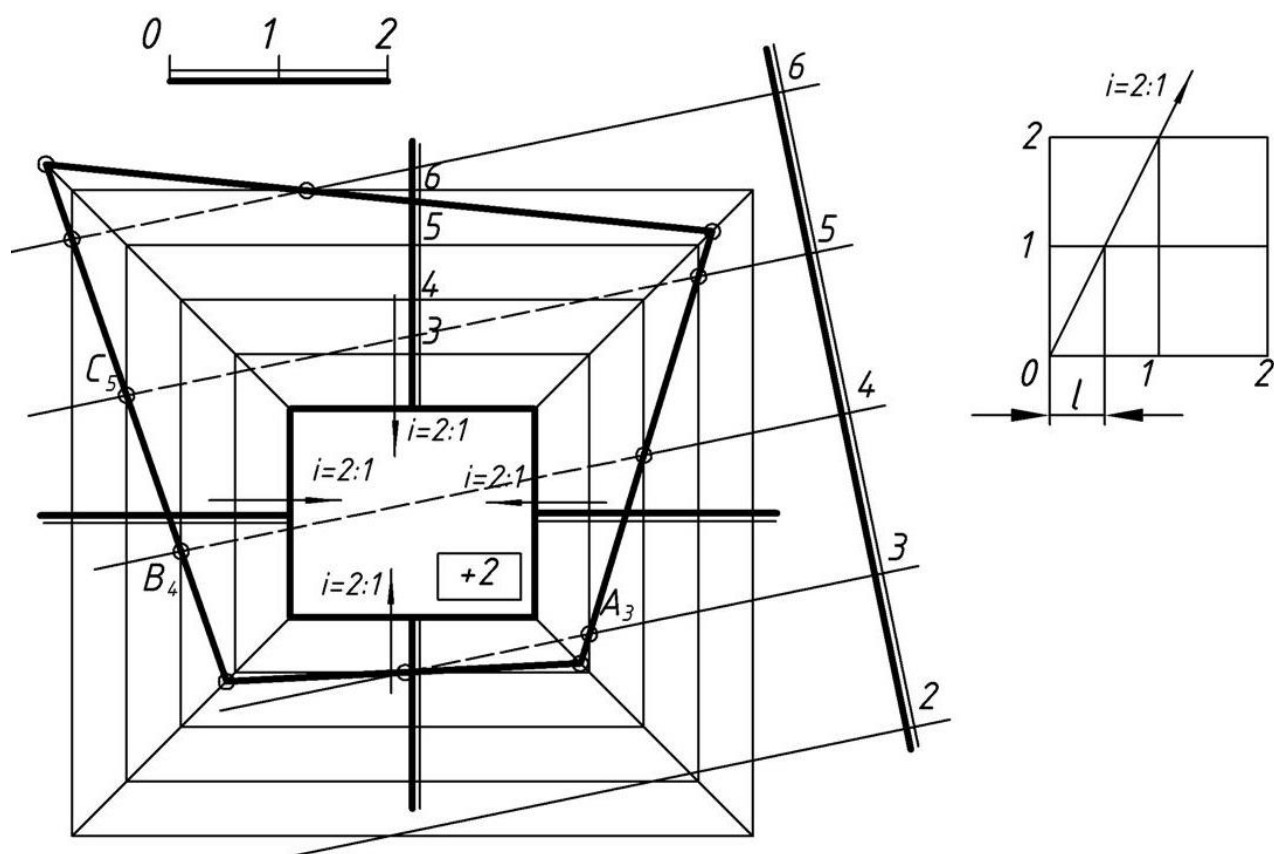


*Приклад 3.* Побудувати лінію перетину бокових укосів котлована під забудову з похилою поверхнею землі. Дно котлована має форму прямокутника і позначку «+2» Бокові грані котлована мають ухи 2:1 (рис.17).

*Розв'язання.* 1. На лінійному масштабі будуємо графік нахилу схилу  $i=2:1$  і визначаємо інтервал  $l=1/i$  схилу.

2. Перпендикулярно до кожної сторони дна котловану, що має позначку «+2», викреслюємо масштаб нахилів схилів з визначеними інтервалами і будуємо горизонталі схилів, позначивши їх 3, 4, 5, 6. З'єднуємо точки перетину горизонталей з однаковими позначками і отримуємо проекції ліній взаємного перетину суміжних укосів.

3. Викреслюємо проекції горизонталей поверхні землі до перетину їх з горизонталями котлована, які мають такі ж позначки. На рис.17 перетин однойменних горизонталей позначено точками  $A_3, B_4, C_5...$  З'єднуємо точки  $B_4$  та  $C_5$  і продовжуємо її до границь західного укосу. Це і буде лінія перетину західного укосу з поверхнею землі. Аналогічно побудовані лінії перетину інших укосів котлована з поверхнею землі.



**Рис. 17.** Побудова ліній перетину укосів котлована з поверхнею землі

## 2.10. Взаємне положення прямої та площини

З курсу «Нарисна геометрія» відомо, що пряма лінія відносно площини може займати таке положення:

- 1) належати площині;
- 2) бути паралельною до площини;
- 3) перетинатися з площиною.

Про належність прямої площині описано вище.

Умовою паралельності прямої до даної площини є паралельність прямої до будь-якої прямої, яка лежить у цій площині. Умова паралельності двох прямих також розглянута вище. Щоб перевірити, чи пряма паралельна до площини, доцільно заключити дану пряму у допоміжну площину. Якщо отримана лінія перетину двох площин буде паралельною до даної прямої, то пряма і дана площина паралельні. На рис. 18 пряма  $k$  паралельна до площини  $Q$ , що задана масштабом спаду  $l_Q$ , оскільки вона паралельна до прямої  $t$ , яка лежить у цій площині.

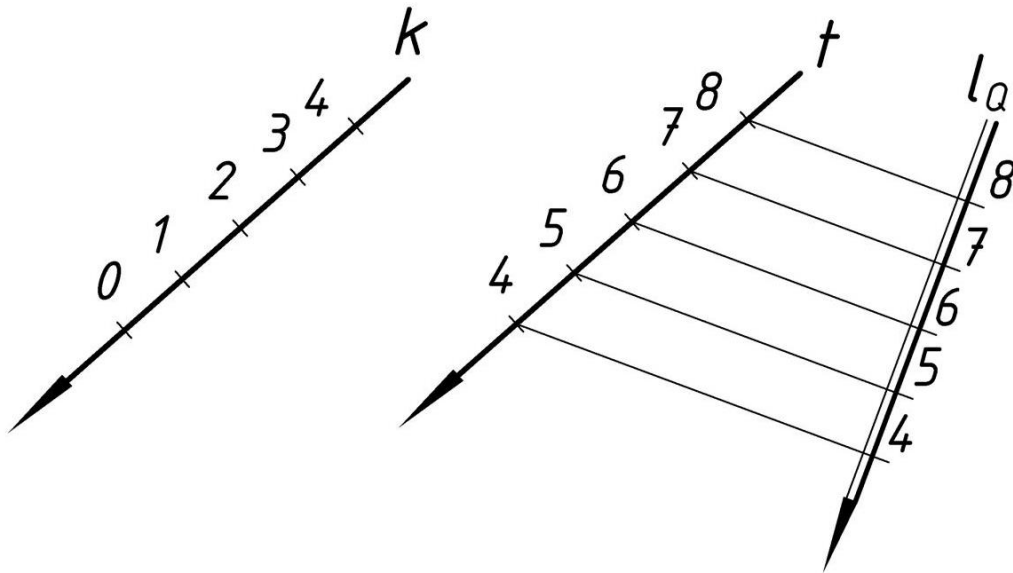


Рис.18. Паралельність прямої і площини

Якщо пряма перетинається з площиною, то вона має з площиною одну спільну точку – точку перетину. Знаходження точки перетину засноване на методі допоміжних січних площин. Розглянемо це на прикладі.

*Приклад 1.* Побудувати точку перетину  $A$  прямої  $k$  з площиною  $Q$ , заданою масштабом ухилу  $l_Q$  (рис.19).

*Розв'язання.* 1. Заключаємо пряму  $k$  в допоміжну площину  $P$ , яку задаємо горизонталями, проведеними через числові позначки “+5” та “+8” прямої  $k$ .

2. Проводимо на таких самих позначках горизонталі у заданій площині  $Q$  і знаходимо лінію перетину  $MN$  двох площин.

3. Перетин прямої  $k$  і лінії перетину  $MN$  дає шукану точку  $A$ .

4. Встановлюємо числову позначку знайденої точки  $A$  – “+3,3”.

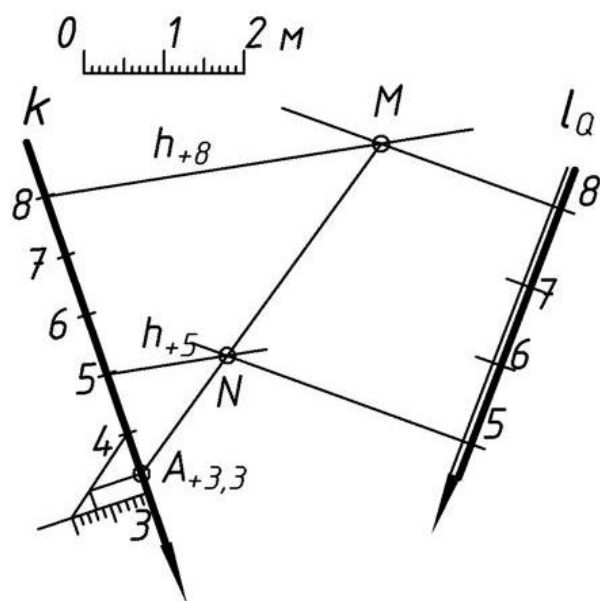


Рис.19. Перетин прямої з площиною

Окремим випадком положення прямої та площини є їх взаємна перпендикулярність (рис. 20).

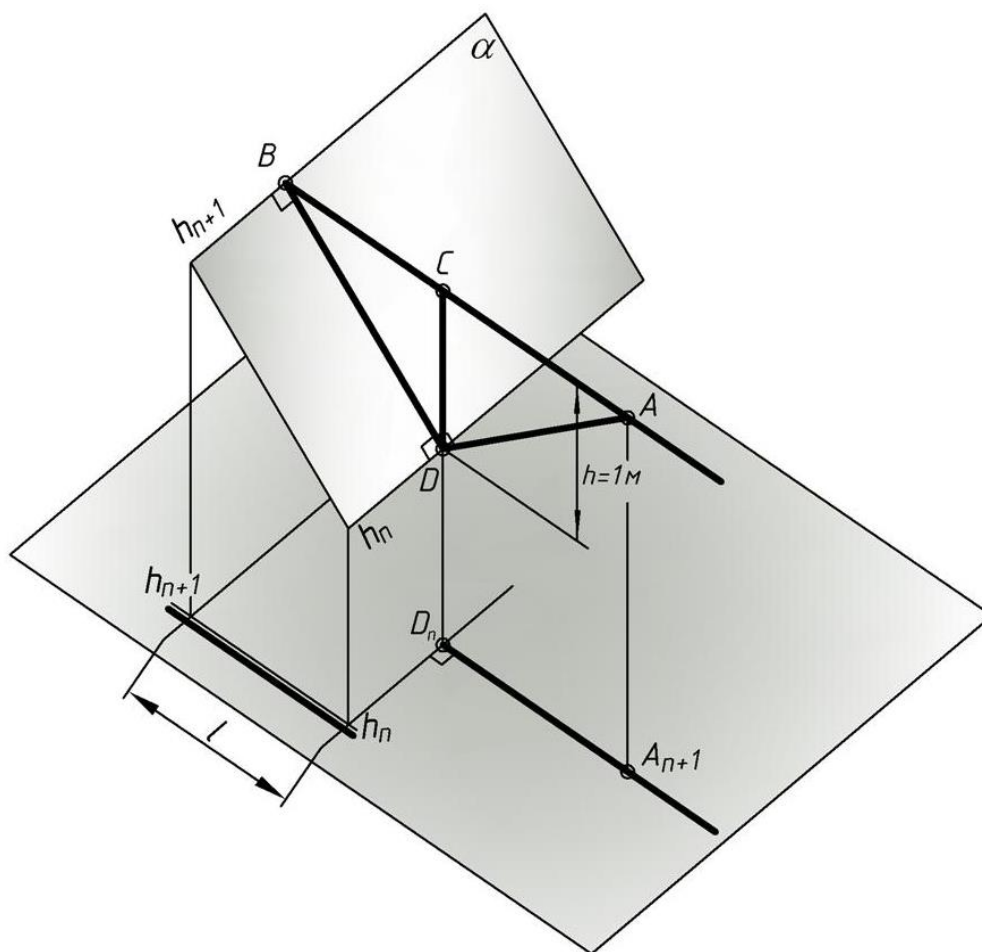


Рис. 20. Перпендикулярність прямої та площини

Згідно з теоремою про проєкціювання прямого кута можна стверджувати, що коли  $AD \perp \alpha$ , проєкції горизонталей площини та проєкції перпендикуляра  $AD$  перетинаються під прямим кутом. З іншого боку, проєкція прямої, перпендикулярної до площини, паралельна масштабу падіння цієї площини.

Для встановлення залежності між інтервалами прямої  $AD$  та площини  $\alpha$ , розглянемо  $\triangle ABD$ , один катет якого – відрізок перпендикуляра  $AD$ , другий – лінія скату площини  $\alpha(CD)$  (рис.20). Якщо різниця позначок  $AD$  і  $BD$  дорівнює одиниці, то висота  $h$ , опущена з прямого кута на гіпотенузу, також дорівнює 1м.

Інтервал площини  $\alpha$   $i_\alpha = BC$ , прямої  $AD$   $i_{AD} = AC$ . З  $\triangle BCD$  буде

$$BD^2 = CB^2 + CD^2 = h^2 + i_\alpha^2 \quad (1)$$

З  $\triangle ACD$  буде

$$AD^2 = AC^2 + CD^2 = h^2 + i_{AD}^2 \quad (2)$$

В  $\triangle ABD$   $AB^2 = BD^2 + AD^2$ . Підставивши значення з (1) та (2), отримаємо

$$AB^2 = h^2 + i_\alpha^2 + h^2 + i_{AD}^2 \quad (3)$$

З іншого боку:

$$AB^2 = (BC + AC)^2 = (i_\alpha + i_{AD})^2 = i_\alpha^2 + 2 i_\alpha i_{AD} + i_{AD}^2. \quad (4)$$

Прирівнявши (3) та (4) і врахувавши, що  $h=1$ , отримаємо

$$i_{AD} = 1/i_\alpha. \quad (5)$$

Отже, інтервал перпендикуляра повинен бути величиною, оберненою до величини масштабу спаду площини  $\alpha$ .

**Приклад 2.** Через точку  $A$ , що належить площині  $Q$ , провести пряму  $k$ , перпендикулярну заданій площині (рис.21).

**Розв'язання.** 1. Через точку  $A$  проводимо проєкцію прямої  $k$ , перпендикулярної до площини  $Q$ , яка повинна бути паралельною до масштабу спаду площини  $l_Q$ .

2. Спад прямої  $k$  повинен бути протилежним спаду площини.

3. Визначаємо інтервал перпендикуляра  $i_{np}$ , який повинен бути величиною, оберненою до величини масштабу спаду площини  $l_Q$ .

4. Градуємо пряму  $k$  з інтервалом  $i_{np}$ .

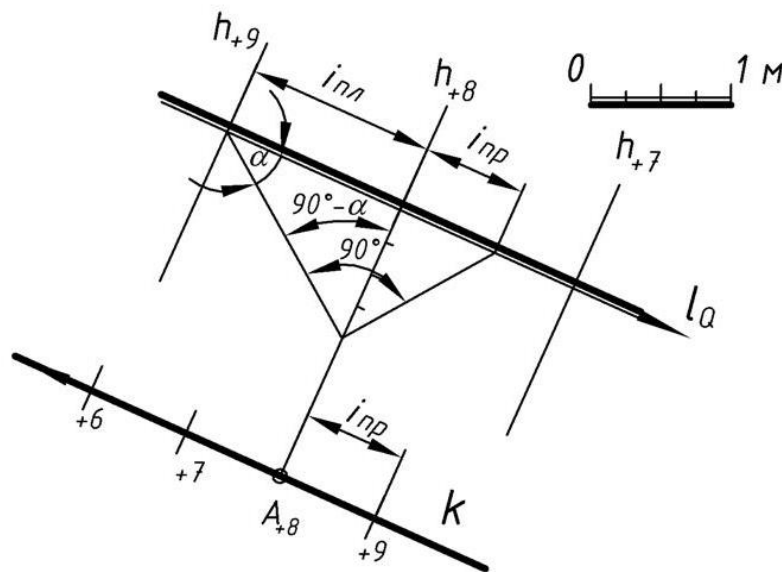


Рис. 21. Побудова перпендикуляра до площини

**Приклад 3.** Визначити відстань від точки  $S$  до площини  $Q$  (рис.20).

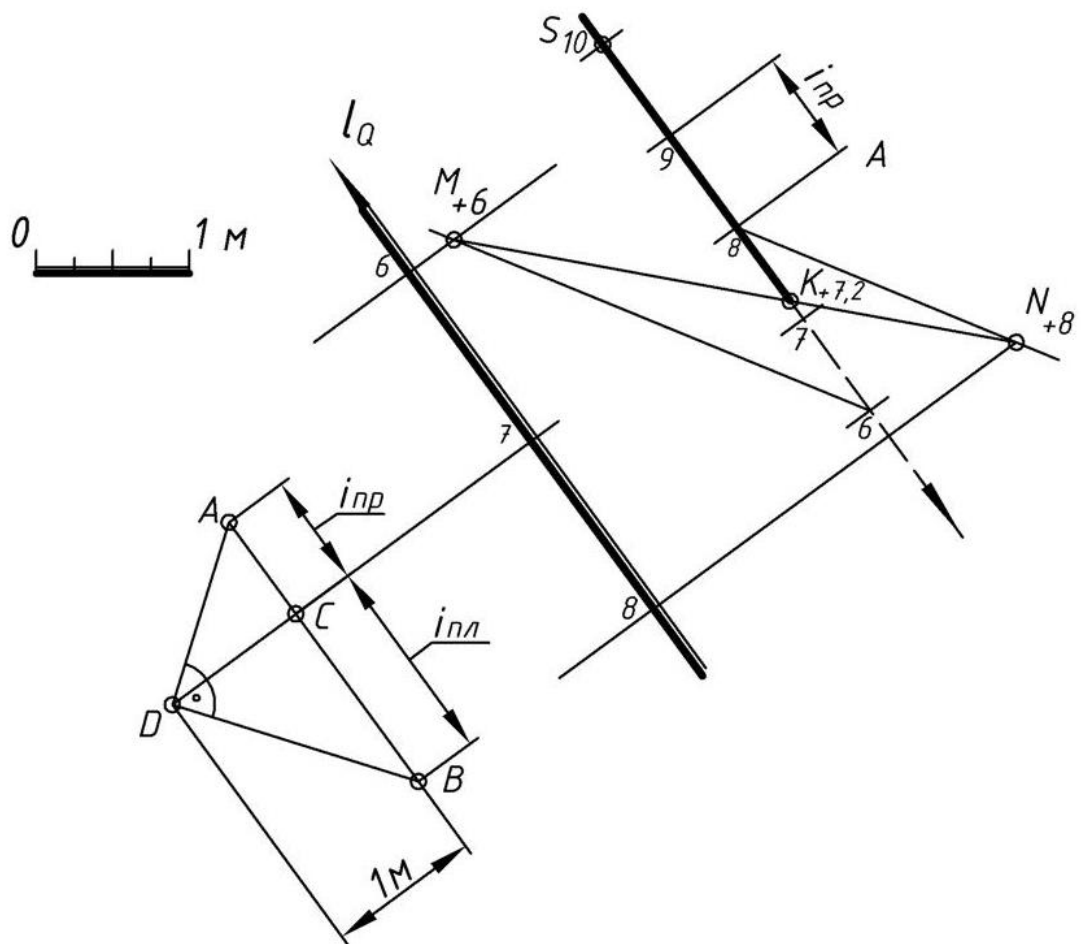
**Розв'язання.** 1. З точки  $S$  будуюмо проекцію перпендикуляра  $SK$  паралельно до масштабу спаду  $l_Q$  площини  $Q$ .

2. Визначаємо інтервал  $i_{np}$  за допомогою прямокутного трикутника  $ABD$  з висотою  $DC=1$  м.

3. Градуємо перпендикуляр, позначки якого зростають у напрямку, протилежному зростанню позначок горизонталей площини  $Q$ .

4. Визначаємо точку  $K$  перетину перпендикуляра з площиною  $Q$ . Для цього вводимо допоміжну площину загального положення через перпендикуляр та знаходимо лінію  $MN$  перетину її з площиною  $Q$ . Перетин перпендикуляра з лінією перетину  $MN$  дає точку  $K$ .

5. Різниця позначок точок  $K$  і  $S$  і буде відстанню від точки  $S$  до площини  $Q$ .



**Рис. 22.** Відстань від точки до площини

### 3. ПРОЕКЦІЇ КРИВИХ ЛІНІЙ

У проекціях з числовими позначками криву задають проекціями деякого числа її точок. Як відомо з курсу нарисної геометрії, є два види кривих ліній: а) плоскі криві – всі точки кривої лінії належать одній площині (рис.23а); б) просторові криві – точки кривої лінії не належать одній площині (рис.23б).

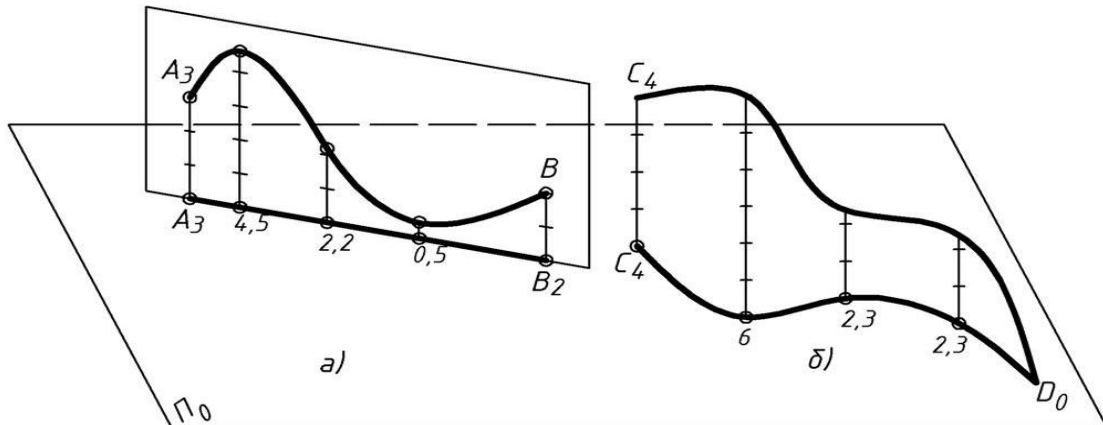


Рис.23. Типи кривих ліній

На рис. 24 задана крива проекціями точок з числовими позначками. Це означає, що крива градуйована. Відстань між проекціями точок різна, отже інтервал кривої не однаковий, отже і ухил її в різних точках. За проекцією кривої точно виявити позначку будь-якої точки неможливо, тому користуються наближеним способом визначення позначки. Цей спосіб полягає в тому, що дуга між двома точками з відомими позначками, на якій лежить точка з невідомою позначкою (т.А), апроксимується відрізком прямої. Спроектувавши цей відрізок на довільну фронтальну площину, визначимо позначку заданої точки А.

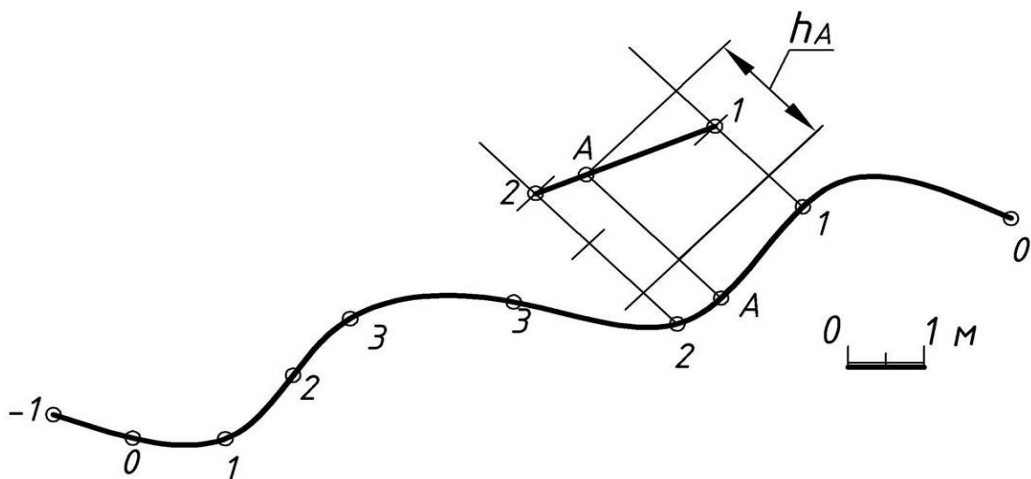


Рис.24. Точка на кривій лінії

Нахилом кривої лінії в заданій точці називають нахил дотичної до кривої, проведеної через цю точку. В загальному нахил кривої в різних точках різний, тому і різне закладання дуг кривої між точками з цілочисленими позначками, що відрізняються на одиницю довжини.

## 4. ПРОЕКЦІЇ ГРАННИХ І КРИВОЛІНІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ

При проектуванні різних споруд, доріг мостів, будівельних майданчиків широко використовують геометричні і графічні поверхні.

Графічною є поверхня, закон утворення якої невідомий. Прикладом графічної поверхні може бути земна поверхня, що називається топографічною, поверхні кузовів автомобілів, корпусів суден і літаків тощо.

До геометричних відносяться всі лінійні і криві поверхні, утворення яких підлягає певним геометричним законам.

Поверхні задаються горизонталями – лініями перетину поверхні з горизонтальними площинами, проведеними через одиницю виміру. Лінією скату називають лінію на поверхні, яка в даній точці поверхні нахилена до горизонтальної площини під максимальним кутом. Ця лінія перпендикулярна горизонталі поверхні, що проходить через цю точку.

### 4.1. Багатогранники

У проекціях з числовими позначками багатогранники задаються проекціями ребер із встановленням позначок вершин. На рис. 25а зображено проекцію  $S_4A_0B_0C_0$  піраміди. Точки основи піраміди  $A$ ,  $B$ ,  $C$  мають позначки  $0$ , а це означає, що ці точки лежать у площині проекцій. Проградувавши ребра багатогранника, проводимо горизонталі 1, 2 та 3 граней піраміди, з'єднавши точки з однаковими числовими позначками. Так як основа піраміди знаходиться на площині проекцій, то горизонталі бічних граней паралельні до сторін основи. На рис. 25б зображено піраміду  $S_5A_1B_2C_3$ , точки основи якої розміщені на різній висоті відносно площини проекцій. В такому випадку розміщення основи горизонталі бічних граней не паралельні до сторін основи.

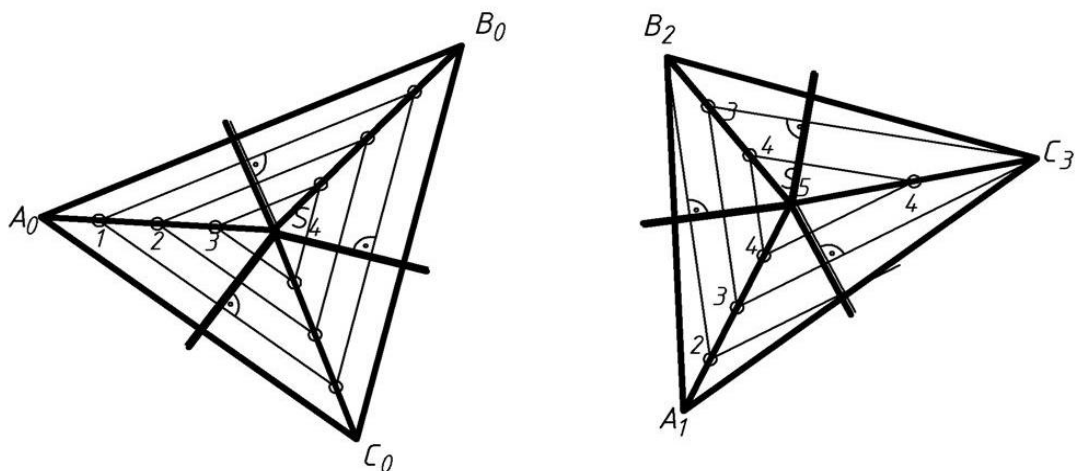


Рис. 25. Проектування багатогранників

На рис. 25 також проведені лінії найбільшого нахилу бічних граней піраміди.

#### 4.2. Конічна поверхня

При перерізі поверхні конуса горизонтальними площинами утворюються кола, що є горизонталями поверхні. Проекціюючи їх на площину проєкцій, отримуємо ряд концентричних кіл. Якщо відстань між ближчими січними площинами дорівнює одиниці довжини, то радіус одного кола буде відрізнятися від наступного на величину інтервалу твірної конічної поверхні. Градуїрована проєкція довільної твірної є масштабом ухилу, а сама твірна – лінія скату поверхні. Пряму кругову конічну поверхню з вертикальною віссю можна задати масштабом ухилу та вершиною. На рис. 26а та 26б зображено два прямих кругових конуси. Висота конуса дорівнює 3-м одиницям. Для конуса на рис. 26а позначка вершини дорівнює 3, а позначка основи дорівнює 0, а для конуса на рис. 26б – позначка вершини 0, а позначка основи – 3. Для похилого кругового конуса (рис. 26в) горизонталями також будуть кола, проте вони будуть ексцентричними, тобто інтервали з правого і лівого боку будуть різними.

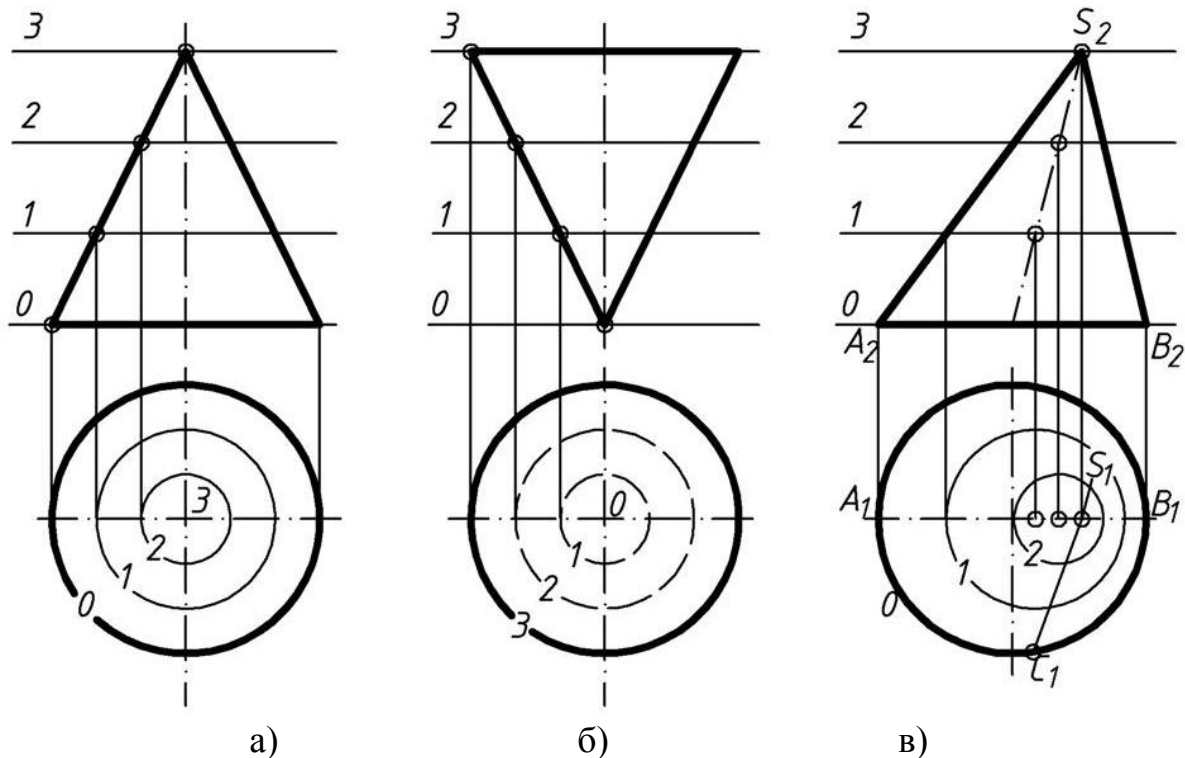


Рис. 26. Проектування конуса

За інтервалами можна судити про нахил. Так, для прямого кругового конуса поверхня має в усіх напрямках однаковий нахил. Для похилого кругового конуса нахил твірної  $SA$  менший за нахил твірної  $SC$ . Найбільший нахил матиме твірна  $SB$ , тобто вона буде лінією найбільшого нахилу для поверхні похилого кругового конуса.



### 4.3. Циліндрична поверхня

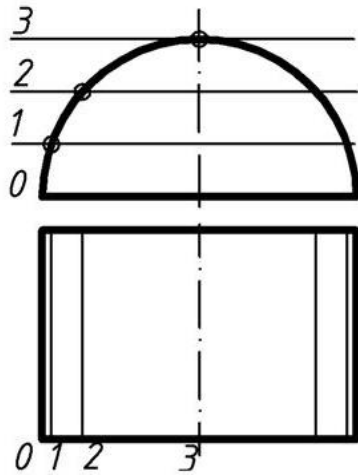


Рис. 27. Проектування циліндра.

Циліндричну поверхню з горизонтальними твірними зображують горизонталями, побудованими за допомогою фронтальної проекції (рис.27). Лінія скату збігається з нормальним перерізом. У даному випадку лінія скату є дугою кола.

### 4.4. СФЕРА, ПАРАБОЛОЇД та ЦИЛІНДРОЇД

Градуювати сферу можна тим самим методом, що і циліндричну поверхню. Проекції горизонталей сфери є концентричними колами, радіуси яких визначають по фронтальній проекції (рис. 28а). Лінії скату, що проходить через будь яку точку сфери, є її меридіаном.

Для параболоїда побудова горизонталей аналогічна (рис. 28б).

Циліндроїд (рис. 28в) визначається твірними, що рухаються по двох кривих напрямних і паралельні заданій площині паралелізму (наприклад, горизонтальній).

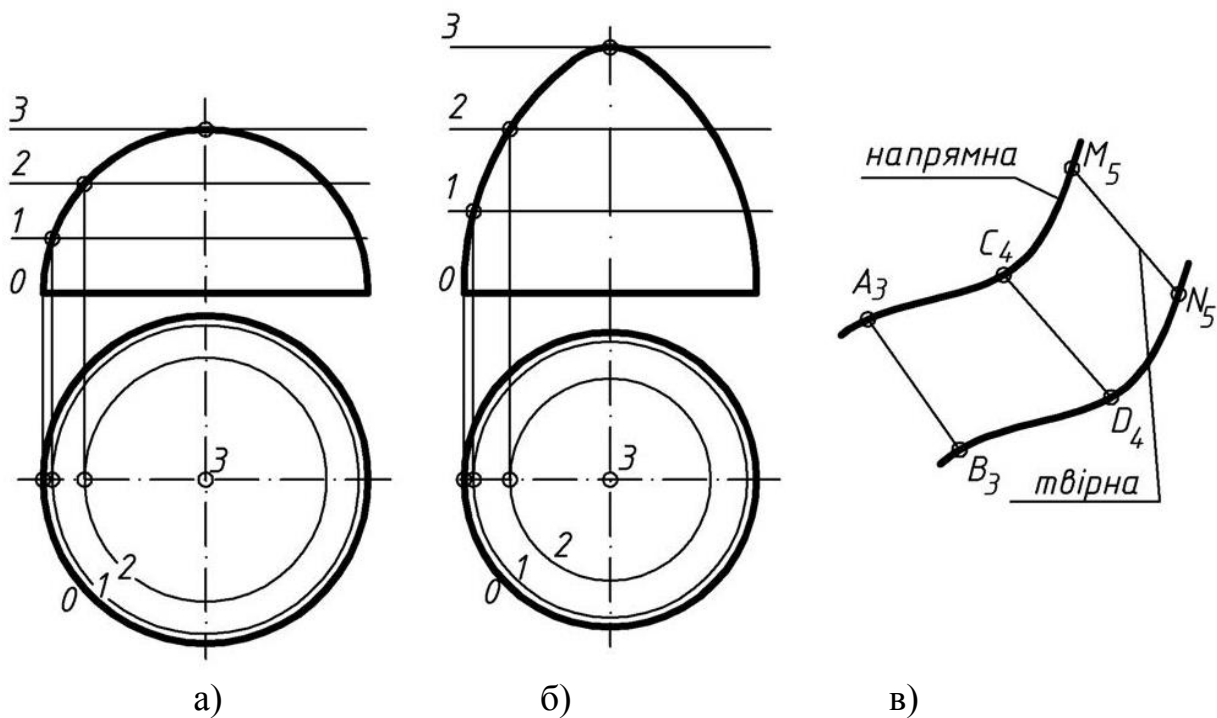


Рис. 28. Проектування сфери, параболоїда та циліндроїда

#### 4.5. Поверхня рівного нахилу (скату).

При проектуванні і будівництві шосейних доріг, будівельних майданчиків, котлованів та інших споруд зустрічаємося з плоскими і криволінійними ділянками насипів і виїмок, які є поверхнями рівного нахилу (рис. 29). Укоси насипів і виїмок влаштовують від прямолінійних і похилих кромek (бровок) майданчиків чи доріг, а також від криволінійних горизонтальних чи похилих ділянок доріг. Вісь і бровка полотна дороги, які викреслюють по дугах кіл певного радіуса, мають постійний нахил і являють собою циліндричні гвинтові лінії з віссю циліндра перпендикулярною до площини нульового рівня. Полотно дороги слід розглядати як поверхню прямого гвинтового гелікоїда.

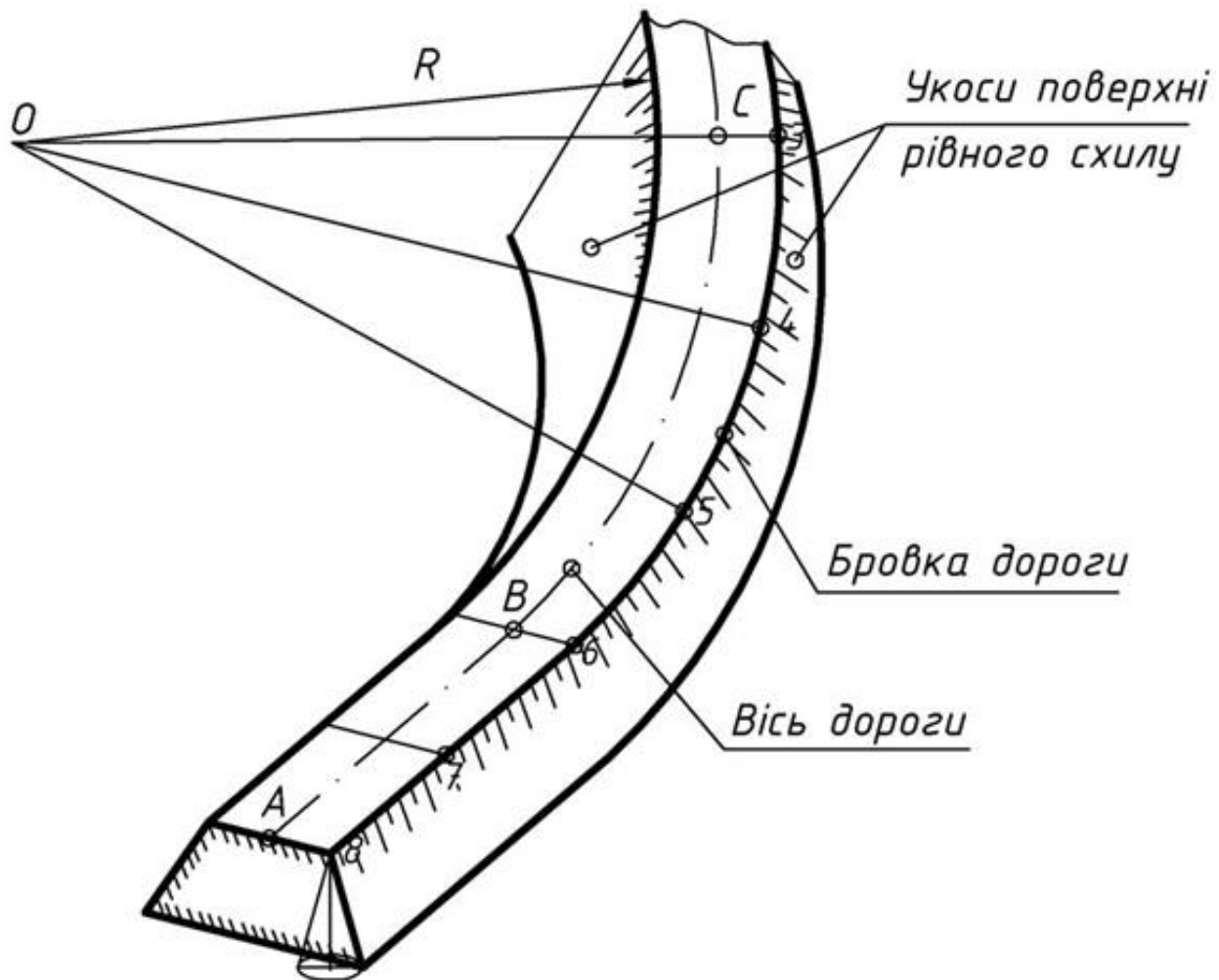


Рис.29. Полотно дороги.

Укоси насипів і виїмок доріг, в свою чергу, є поверхнями відкритого косою (евольвентного) гелікоїда, твірними якого служать лінії схилів, які переміщуються по напрямній циліндричній гвинтовій лінії (рис. 30). Перерізом такого гелікоїда площиною, перпендикулярною до його осі, є евольвента кола.

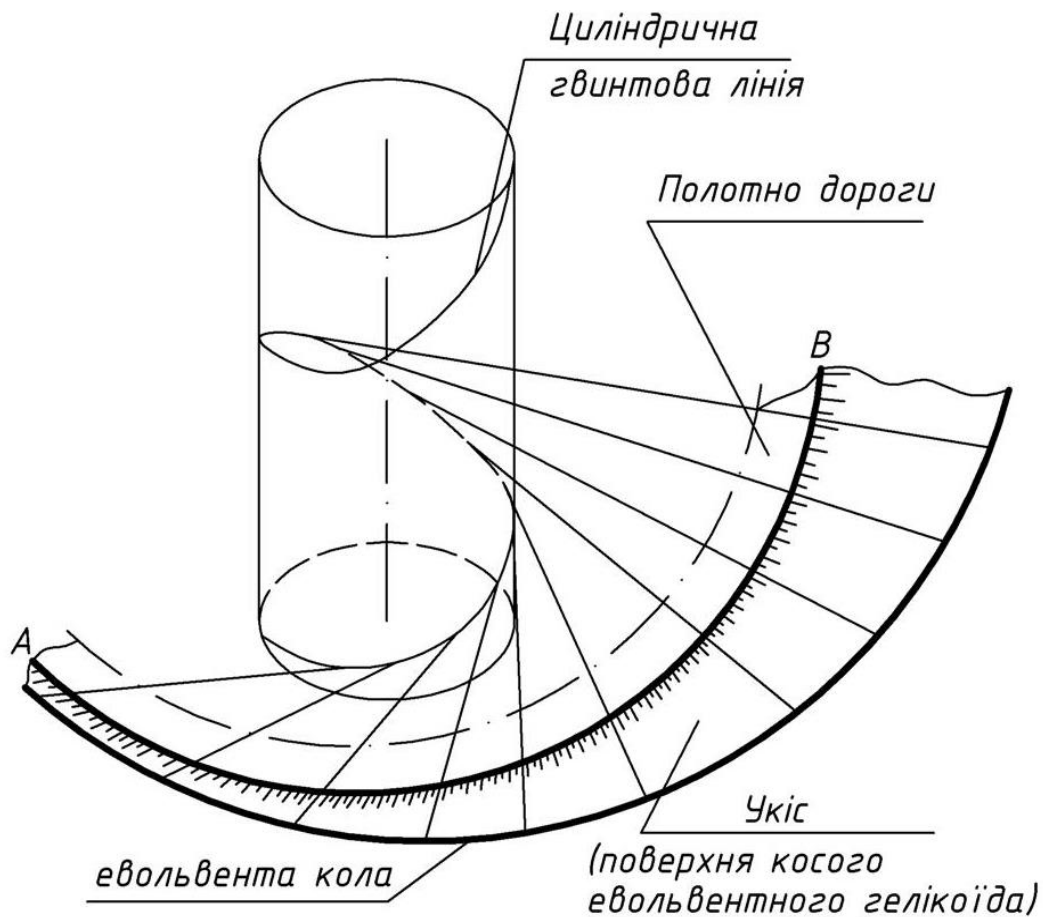


Рис.30. Поверхня укосу дороги

Тому побудова горизонталей такої поверхні рівного нахилу пов'язана з визначенням радіуса кола, евольвенту якого необхідно побудувати. Радіус кола обчислюють за формулою [7]

$$R_0 = i_{гв.л.} * R_{гв.л.} / i_{тв.п.},$$

де  $R_0$  – радіус кола;  $i_{гв.л.}$  – нахил гвинтової лінії;  $R_{гв.л.}$  – радіус гвинтової лінії;  $i_{тв.п.}$  – нахил твірної поверхні. Центр кола збігається з проекцією осі гвинтової лінії.

Така побудова горизонталей поверхні рівного схилу складна. На практиці при досить великих радіусах осі та бровок і порівняно незначній ширині полотна дороги її апроксимують (заміняють) з достатньою точністю поверхнею рівного схилу, що утворюється переміщенням уздовж бровки дороги як прямої лінії вершини допоміжного вертикального конуса з відповідним нахилом твірної.

Поверхня рівного нахилу утворюється рухом прямого кругового конуса за умови, що вісь його залишається вертикальною, а вершина ковзає вздовж прямої кривої. Однойменні горизонталі конусів обводять кривими – горизонталями поверхні однакового скату (рис.31).

Лінія скату такої поверхні, проведена через будь-яку точку прямої кривої, збігається з твірною, по якій поверхня торкається конічної поверхні. Тому твірна цієї поверхні – пряма лінія, а поверхня рівного нахилу – лінійчаста.

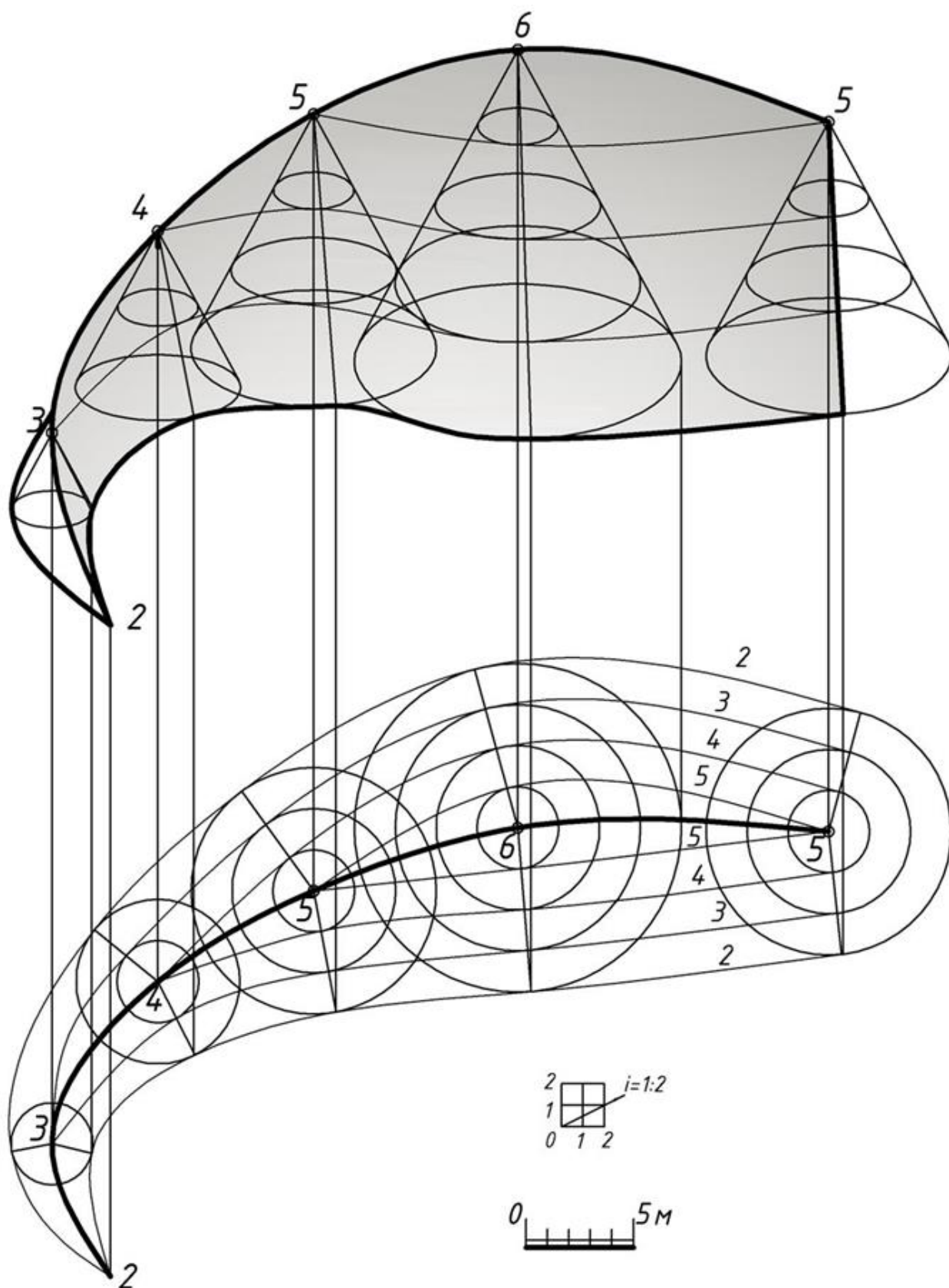


Рис. 31. Поверхня рівного нахилу

Для прикладу розглянемо градуювання поверхні рівного ухилу. Дана просторова крива (2), (3), (4), (5), (6), (5), що є направляючою. Ухил поверхні рівного нахилу 1:2. Необхідно проградуювати поверхню.

На лінійному масштабі будемо графік ухилу схилу  $i=1:2$  і визначаємо інтервал  $l=1/i$  схилу. Він дорівнює двом одиницям масштабу ( $l=2м$ ).

Ухил поверхні скрізь однаковий і дорівнює ухилу ліній скату поверхні, тоді і відстань між суміжними горизонталями (колами) рівнопохилої поверхні також дорівнює інтервалу лінії ухилу. Розміщуємо вершини конусів у точках заданої кривої та градуюємо їх бічну поверхню. Це будуть кола, різниця радіусів між концентричними колами дорівнює інтервалу поверхні (двом лінійним одиницям). Проводимо криві лінії, які торкаються горизонталей конічних поверхонь з цією ж позначкою й отримуємо горизонталі рівнопохилої поверхні. Відстань між двома проєкціями суміжних горизонталей однакова. Такі криві називають *еквідистантними*.

#### 4.6. Поверхня рівностійкого укусу.

Поверхня рівностійкого укусу – це поверхня, кут нахилу якої до горизонтальної площини зростає. Земляний укіс обмежений такою поверхнею буде стійким. Поверхня визначається твірною – крива лінія, напрямною – крива лінія (рис. 32).

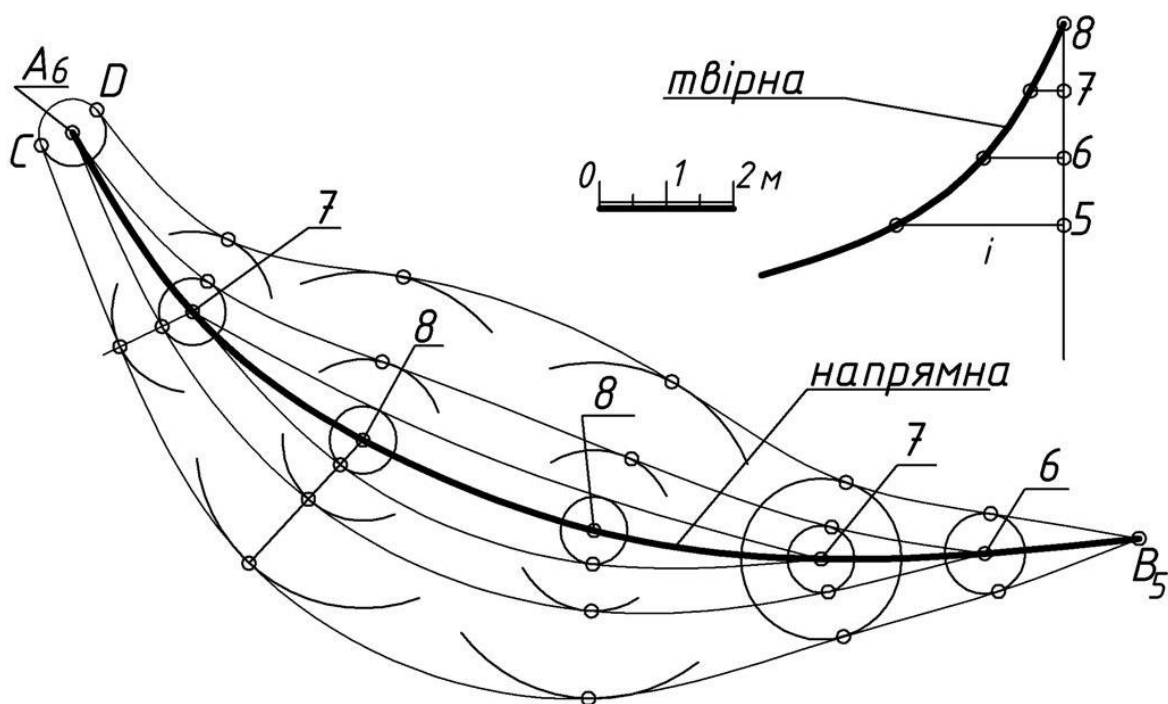


Рис. 32. Поверхня рівностійкого укусу

Твірна переміщується так, що одна її точка рухається по напрямній, а її площина залишається перпендикулярною до напрямній. Лінію скату поверхні називають *кривою нормального перерізу рівностійкого укусу*. Її форму виявляють дослідним шляхом. Розглянемо побудову такої поверхні (рис. 32).

Нехай крива, що слугитиме твірною, задана. Також задана проградуювана напрямна крива. Відсік поверхні рівностійкого укусу утворюється рухом дуги

кривої нормального перерізу, верхня точка якої переміщається по напрямній, у загальному випадку – просторовій кривій лінії. Площина твірної в будь-якому її положенні вертикальна та перпендикулярна проекції напрямної.

Для побудови горизонталей поверхні уявімо собі, що твірна обертається навколо вертикальної осі, яка проходить через верхню точку дуги кривої. Отримаємо поверхню обертання. Нехай ця поверхня рухається в просторі так, що її вершина переміщається по напрямній, а вісь залишається вертикальною. Поверхня, що торкається з поверхнею обертання в усіх її положеннях, буде поверхнею рівностійкого укосу.

На рис. 32 дана проградуєвана напрямна  $A_6B_5$ . Напряму криву нормального перерізу рівностійкого укосу, що також задана, градуємо за допомогою сітки горизонталей. У результаті отримаємо радіуси кіл поверхні обертання на кожній висоті. Розміщуємо послідовно вершину поверхні обертання в точках напрямної кривої. В цих точках будемо горизонталі поверхонь обертання (кола певних радіусів). Потім проводимо на кожній висоті дотичні до них криві – горизонталі двох поверхонь рівностійкого укосу, які перетинаються по заданій напрямній.

#### ***4.7. Поверхня рівно довгого укосу***

Поверхня рівнодовгого укосу застосовується в будівництві автомобільних шляхів, зменшує небезпеку снігових заносів. Напрямою поверхні служить відрізок прямої (крива). Твірною поверхні служить відрізок, який одним кінцем рухається по напрямній, а другим – по поверхні землі (горизонтальній площині). Його проекція на горизонтальну площину завжди перпендикулярна проекції напрямної. Укіс дороги з постійною довжиною твірних можна уявити собі як стрічку рівної ширини, яка однією стороною “приклеєна” до бровки дороги, а другою суміщена з оточуючою місцевістю (рис. 33). Відрізок  $AC$  рухається одним своїм кінцем (точка  $A$ ) по похилій прямій  $AB$ , а другим кінцем (точка  $C$ ) – по горизонтальній площині з позначкою 5. Поверхня, утворена рухом прямої  $AC$ , перетинається з горизонтальною площиною з позначкою 5 по кривій  $CD$ . Поверхню рівнодовгого укосу можна розглядати як дотичну до множини конічних поверхонь з вертикальною віссю. Вершини конусів розміщені на прямій  $AB$ , відрізок твірної кожного з конусів в межах між вершиною та горизонтальною площиною однакової величини. Конічна поверхня з вершиною в точці  $A$  вироджується у вертикальну пряму, а конічна поверхня в точці  $B$  – у горизонтальну площину. Для побудови горизонталей поверхні градуємо пряму  $AB$ . В отриманих точках розміщуємо вершини конічних поверхонь з відповідним ухилом твірних. Щоб знайти ухили твірних допоміжних конусів, будемо проекцію сфери радіусом  $AC$ . Якщо сферу розсікти горизонтальними площинами з кроком, що дорівнює одиниці виміру (1м), в перерізі отримаємо кола, усі точки яких віддалені від центра на величину, що дорівнює  $AC$ . Ці кола будуть напрямними. Будемо конуси з вершиною в центрі сфери і градуємо їх.

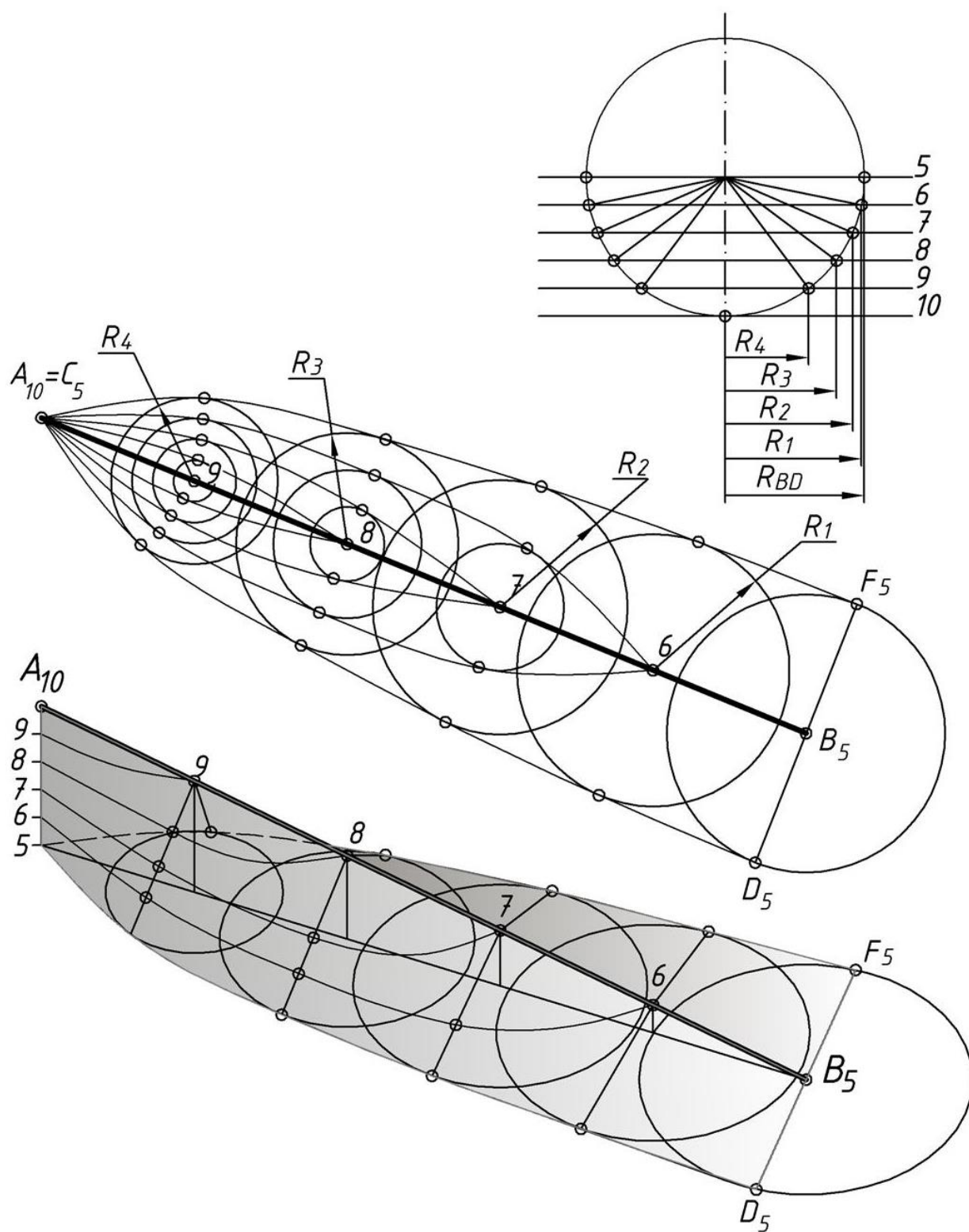


Рис. 33. Поверхня рівнодовгого укусу

## 5. ТОПОГРАФІЧНІ ПОВЕРХНІ

Поверхню землі, що являє собою комбінацію різних неправильних поверхонь випадкового виду, називають *топографічною* (від грецького *topos* – місцевість). На кресленні топографічна поверхня задається сукупністю кривих ліній – горизонталей, які можна уявити лініями перетину поверхні землі низкою горизонтальних площин (рис. 34). Горизонталі називають лініями рівня, а відстань між січними площинами – висотою перерізу горизонталей. Висоту перерізу вибирають залежно від рельєфу землі й масштабу креслення. Для пологих поверхонь і великих масштабів висоту перерізу приймають від 0,5 до 1,0м, а для крутоспадних поверхонь і малих масштабів – до кількох десятків метрів.

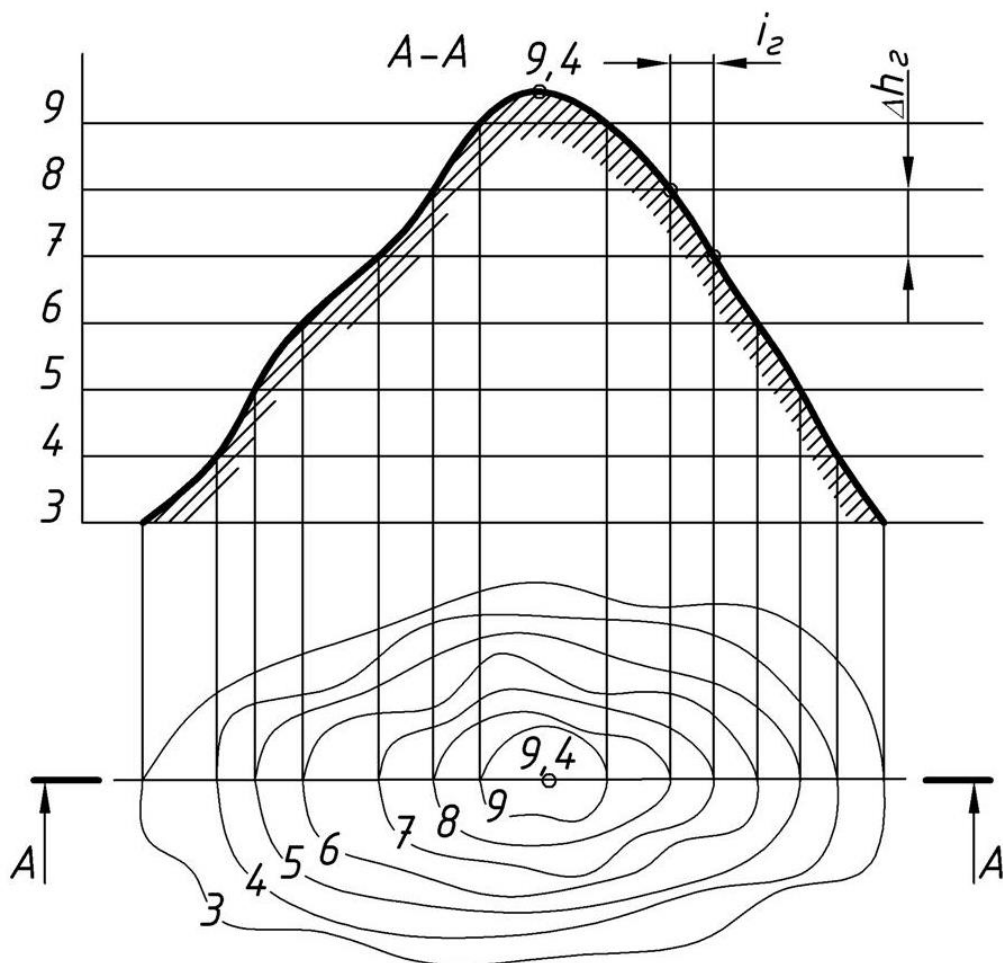


Рис. 34. Топографічна поверхня

Інтервал (закладання) горизонталей визначають відрізком між двома сусідніми горизонталями в плані ( $i_2$ ). Між інтервалом горизонталей  $i_2$ , висотою перерізу  $\Delta h_2$  і кутом нахилу  $\delta$  елементарної поверхні є залежність  $i_2 = \Delta h_2 \times \text{ctg } \delta$ . Звідси отримаємо висновок, що з збільшенням кута нахилу поверхні відстань між горизонталями зменшується.



На практиці горизонталі можна визначити в результаті виконання певних геодезичних робіт (нівелювання) за допомогою нівеліра – прилада, який дає змогу знайти позначки багатьох вибраних точок земної поверхні.

План топографічної поверхні утворюють проекції горизонталей на горизонтальну поверхню. Для топографічної поверхні характерні такі властивості :

а) скінченність – будь-яка точка поверхні має скінченну позначку, яка не може бути ні нескінченно малою, ні нескінченно великою;

б) однозначність – кожній парі координат  $x, y$  відповідає тільки одне значення координати  $z(h)$ ;

в) безперервність – нескінченно малій зміні координати  $x, y$  відповідає нескінченно малий приріст координати  $z(h)$  ;

г) плавність – горизонталі в плані, а також будь-які інші лінії перерізів є плавними кривими.

Характерними лініями (рис. 35) на топографічній поверхні є горизонталі, лінія найбільшого нахилу, лінія хребта (вододілу), лінія жолоба (лінія долини). Лінії найбільшого нахилу спрямовані перпендикулярно до горизонталей. Їх зображають тонкими штриховими лініями. Лінія хребта (вододілу) проходить перпендикулярно до горизонталей і посередині кута, який утворює лінія найбільшого спаду, що розходяться в протилежні боки (лінія  $ACB$ ). На кресленні лінію хребта зображають напівтовстою штриховою лінією. Лінія жолоба проходить перпендикулярно до горизонталей і посередині кута між лініями найбільшого спаду, які сходяться (лінія  $ECD$ ). Зображають лінію жолобу подібно лінії хребта. Точка перетину лінії хребта і жолоба називають *сідлом топографічної поверхні* (точка  $C$ ).

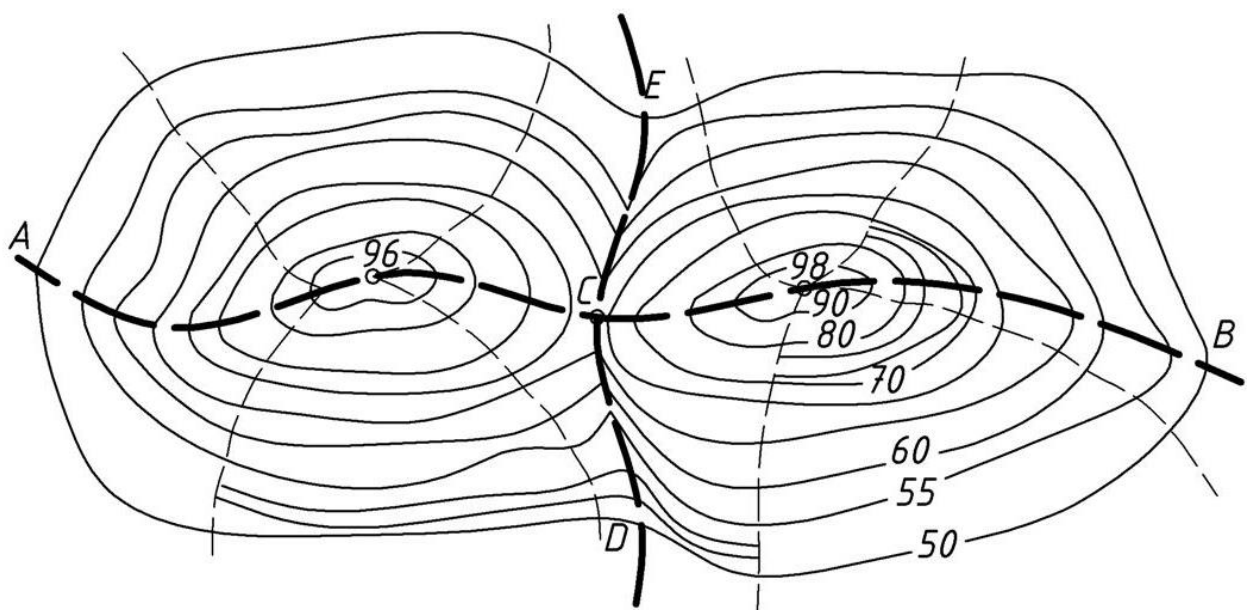


Рис. 35. Характерні лінії топографічної поверхні

### 5.1. Перетин площин з топографічною поверхнею

У розв'язанні багатьох інженерних задач (будівництві доріг, трубопроводів, вертикальному плануванні місцевості, виконанні гірничих робіт тощо) широко використовується переріз топографічної поверхні площиною як вертикального, так і загального положення.

Лінію перерізу топографічної поверхні з вертикальною площиною називають *профілем місцевості*. У більш широкому значенні *профіль* – це зображення контуру вертикального перерізу деякого об'єкта (природного чи штучного) або його елемента. Профіль відображає характер зміни поверхні.

Для побудови профілю топографічної поверхні (див. рис.34, переріз А-А) необхідно всі точки перетину січної площини з горизонталями топографічної поверхні перенести на дві взаємно перпендикулярні прямі, накреслені на вільному місці формату або над планом. Зліва креслять вертикальну пряму і на ній відкладають висотні позначки горизонталей. Провівши вертикальні прямі з відповідних точок горизонтальної проекції до перетину з лініями відповідного рівня, одержують ряд точок, які з'єднують плавною кривою. Одержана пряма буде профілем заданої поверхні.

Площину, як і поверхню, задають у проекціях з числовими позначками лінією горизонталей. Тому лінія перетину поверхонь або поверхні і площини може бути побудована за допомогою виявлення ряду точок перетину однойменних горизонталей (горизонталей з однаковими числовими позначками). На рис. 36 зображено лінію перетину площини, заданої масштабом ухилу, з топографічною поверхнею.

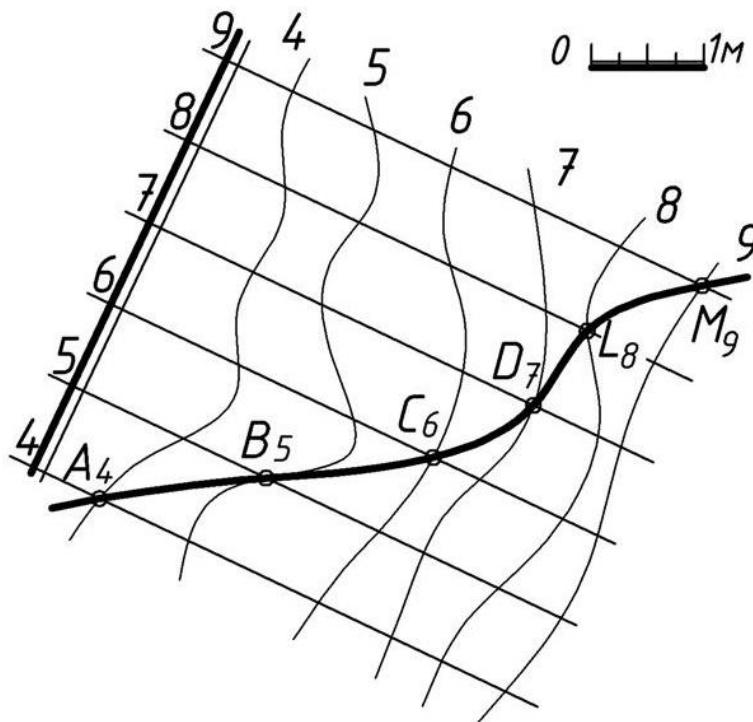


Рис. 36. Перетин площини з топографічною поверхнею

Через точки масштабу ухилу площини проведено горизонталі до перетину з відповідними горизонталями топографічної поверхні ( $A_4, B_5, \dots M_9$ ). З'єднавши отримані точки, отримаємо лінію перетину площини з топографічною поверхнею.

## 5.2. Взаємний перетин поверхонь

Побудова ліній перетину двох поверхонь у проекціях з числовими позначками також базується на загальному методі допоміжних січних площин. Горизонтальні січні площини перетнуть дані поверхні по горизонталях. Точки перетину горизонталей однієї поверхні з горизонталями другої, позначки яких однакові, будуть точками ліній перетину даних поверхонь. Практично січні площини уявні, а на кресленні проводять готові горизонталі поверхонь.

Порядок побудови лінії взаємного перетину поверхонь:

1. Провести горизонталі обох поверхонь, що перетинаються.
2. Відзначити точки перетину горизонталей однієї поверхні з однойменними горизонталями другої.
3. Отримані точки послідовно з'єднати лінією, яка і буде лінією перетину двох поверхонь.

Розглянемо приклад побудови лінії перетину поверхонь.

*Приклад.* Побудувати лінію перетину укосів горизонтального будівельного майданчика з поверхнею землі (визначити межі земляних робіт). Позначка площадки – 32, ухили укосів насипу  $i_n = 1:1,5$ , виїмки -  $i_v = 1:1$  (рис. 37).

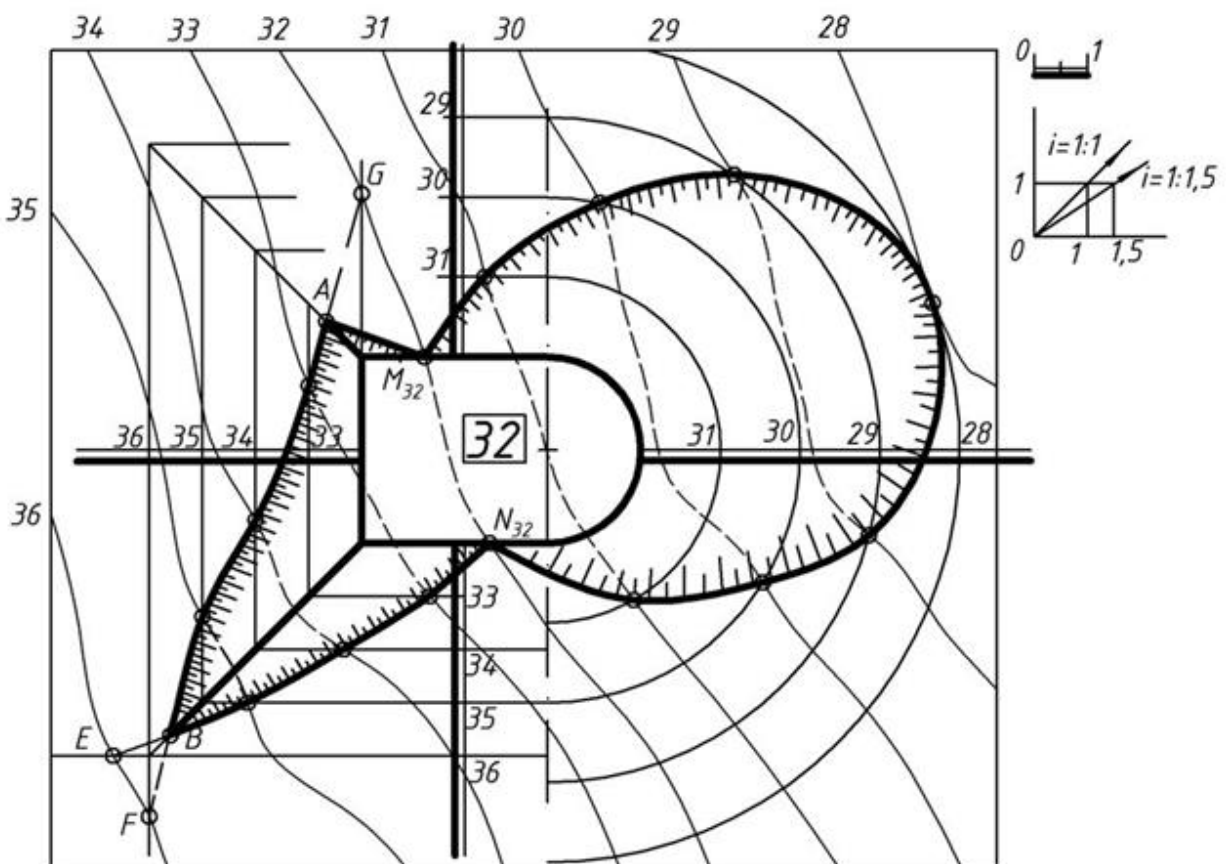


Рис. 37. Побудова меж земляних робіт

Точки  $M_{32}$  і  $N_{32}$ , в яких горизонталь 32 перетинає контури земної споруди, приймають за точки нульових робіт. По лінії  $M_{32}N_{32}$  проходить межа насипу і виїмки. З лівого боку від лінії нульових робіт майданчик знаходиться в межах виїмки, з правого – в насипі.

Розв'язання: 1. Будуємо масштаби укосів виїмки і насипу. Інтервал площини укосу *насипу*  $l_H = 1/i_H = 1,5$  м; а інтервал площини укосу *виїмки*  $l_e = 1/i_e = 1$  м;

2. Будуємо горизонталі укосів. Сторони площадки є горизонталями укосів з позначкою 32. Проводимо лінії масштабів нахилів площин, перпендикулярно до відповідних сторін площадки на прямолінійних ділянках. На них відкладаємо інтервали насипу і виїмки. Через позначені точки проводимо горизонталі укосів прямолінійних ділянок – прямі, паралельні до сторін майданчика і проходять через позначки 33, 34, 35, 36 та 31, 30, 29 масштабів ухилів.

Укіс, що проходить через криволінійну частину майданчика, являтиме собою поверхню прямого кругового конуса. Його горизонталі – концентричні кола, проведені через точки 31, 30, 29, 28.

3. Побудова лінії взаємного перетину укосів. Ухили укосів, що проходить через сторони майданчика, однакові, тому лінія перетину – бісектриса кута. Проводимо бісектриси кутів і отримаємо лінії перетину укосів (точки лінії перетину також можна отримати при перетині горизонталей суміжних сторін на прямолінійних ділянках з позначками 33, 34, 35, 36).

4. Побудова лінії перетину укосу виїмки з поверхнею землі. Визначаємо точки перетину горизонталей поверхні укосу з горизонталями топографічної поверхні, які мають однакові числові позначки (33, 34, 35). Щоб знайти кутову точку  $A$ , продовжимо горизонталь укосу 32 до перетину з 32 горизонталлю поверхні землі. Отримаємо допоміжну точку  $G$  (реально вона не існує). З'єднавши точку  $G$  з точкою на 33 горизонталі, отримаємо кутову точку  $A$ . Аналогічно знаходимо кутову точку  $B$  за допомогою точок  $F$  або  $E$  на 36 горизонталі.

5. Побудова лінії перетину укосів насипу з поверхнею землі (з правого боку від лінії нульових робіт). Будуємо аналогічно пункту 4 (дуги кіл перетинаються з відповідними горизонталями поверхні землі).

6. Знайдені точки перетину укосів горизонтального майданчика з поверхнею землі з'єднуємо між собою кривою лінією. Цю лінію називають границею земляних робіт. Для більшої наочності наносимо бергштрихи насипу і виїмки.

На рис.38 зображено застосування місцевого профілю для визначення точок, які належать границі земляних робіт. У наведеному прикладі при проектуванні кінчного укосу виявилось, що 19-і горизонталі укосу і місцевості не перетинаються, а відстань між точками  $F$  і  $E$ , які належать границі земляних робіт, досить велика.

Для визначення додаткової точки  $B$ , яка належить границі земляних робіт, проведемо площину  $A-A$  в довільному напрямі, але так щоб перетинала 19-у і

20-у горизонталі укосу і місцевості. Між цими горизонталями будуємо два профілі. Один із них, профіль місцевості між 19-ою і 20-ою горизонталями, є гіпотенузою  $NL$  трикутника  $MNL$ . Катет  $MN$  трикутника дорівнює одній одиниці масштабу. Другий профіль укосу між 19-ї і 20-ї горизонталями є гіпотенузою  $GR$  трикутника  $PGR$ , в якому катет  $PG$  також дорівнює одній одиниці масштабу.

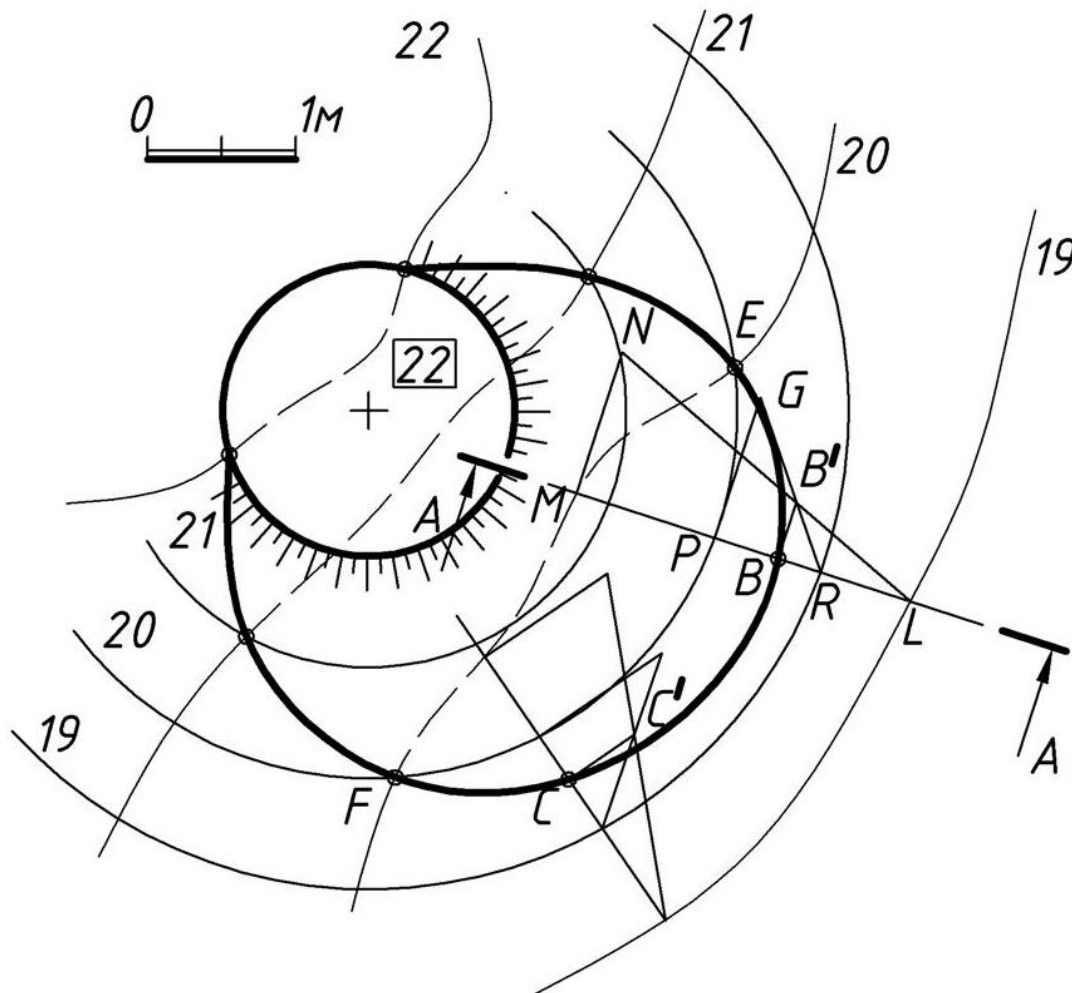


Рис. 38. Метод профілів

Точка перетину  $B'$  гіпотенуз  $NL$  і  $GR$  відповідає точці  $B$  на споруді, тобто належить границі земляних робіт. Для цього із  $B'$  проводимо лінію, перпендикулярну до сліду площини і знаходимо на ньому точку  $B$ . Аналогічно визначимо точку  $C$ , яка теж належить границі земляних робіт. З'єднавши точки, що належать границі земляних робіт, одержимо плавнішу криву лінії перетину кінцевого укосу й місцевості.

Часто використовують метод інтерполяції (проведення проміжних горизонталей укосів і місцевості) для визначення додаткових точок границі земляних робіт.

## 6. ЗМІСТ ЗАВДАННЯ

На основі методу проєкцій з числовими позначками практично застосовувати його при визначенні меж земляних робіт. Зразок виконання завдання зображено на рис.39.

Зміст завдання:

1. Згідно з варіантом накреслити план земляної ділянки у горизонталях і запроектований на ній будівельний майданчик на аркуші формату А3. Варіанти завдань взяти в додатку А. Збільшувати завдання до розмірів, щоб на форматі А3 його розміри не перевищували 180×180мм. В такій пропорції збільшувати масштабну лінійку;

2. За заданим у горизонталях планом місцевості та запроектованим на ній будівельним майданчиком побудувати лінії перетину укосів між собою та з топографічною поверхнею. Нахили укосів виїмки та насипу вказані на рисунках завдань;

3. Побудувати профіль (переріз) А-А місцевості і споруди заданому викладачем напрямку січної площини.

Послідовність виконання завдання:

1. У відповідності з варіантом завдання викреслити план земляної ділянки в горизонталях, нанести на нього план будівельного майданчика. На вільному місці викреслити масштабну лінійку.

2. Подувати масштаби укосів насипу і виїмки та визначаються їх інтервали.

3. Визначається лінія нульових робіт по однойменних відмітках майданчика та горизонталі, яка розмежовує ділянки виїмки та насипу ( $M_{30}N_{30}$ ). Визначається простягання насипу і виїмки.

4. Викреслюються масштаби укосів (лінії найбільшого нахилу) площин насипу і виїмки (перпендикулярно до ліній контуру майданчика) і проградуювати ці масштаби відповідно до інтервалів виїмки і насипу.

5. Через точки градуювання провести горизонталі площин (поверхонь) насипу і виїмки.

6. Побудувати лінії перетину (ребра) суміжних укосів між собою (за точками перетину горизонталей з однаковими позначками).

7. Знайти точки перетину проектних горизонталей з однойменними горизонталями топографічної поверхні.

8. Побудувати лінію, що визначає межі земляних робіт, з'єднавши між собою отримані точки.

9. За заданим розрізом побудувати профіль місцевості та земляної споруди. По горизонтальній осі відкласти відстані між горизонталями топографічної поверхні по лінії перерізу. По вертикальній осі відкласти поділ, що дорівнює одиниці виміру (1м) у масштабі креслення. Поступово з'єднавши точки, отримати профіль місцевості. Після цього на заданій вертикальній позначці побудувати розріз майданчика та провести лінії укосів насипу і виїмки (паралельно до ліній на масштабах укосів).

10. Нанести бергштрихи насипу і виїмки для наочного вираження ухилу поверхонь укосів.

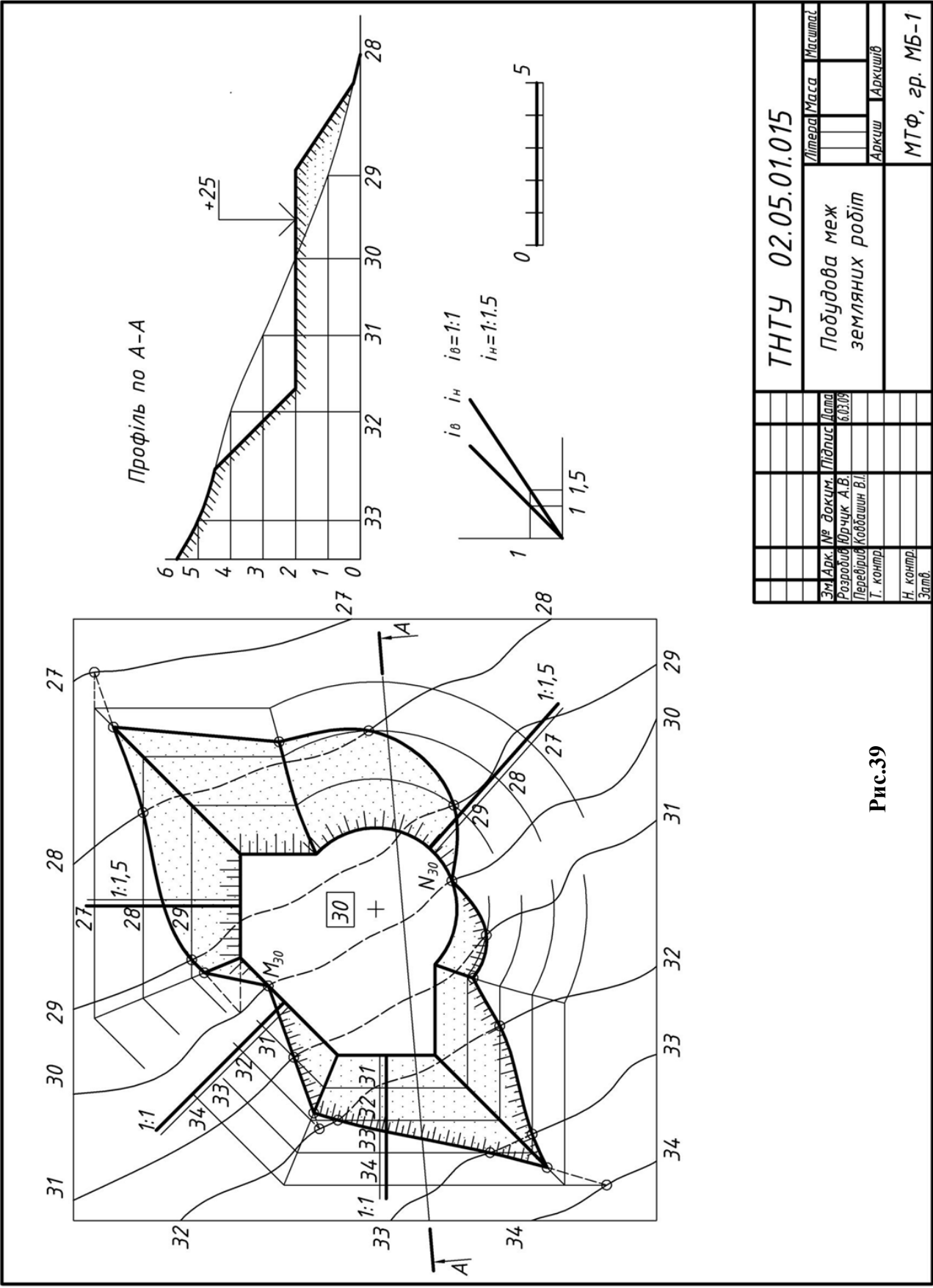
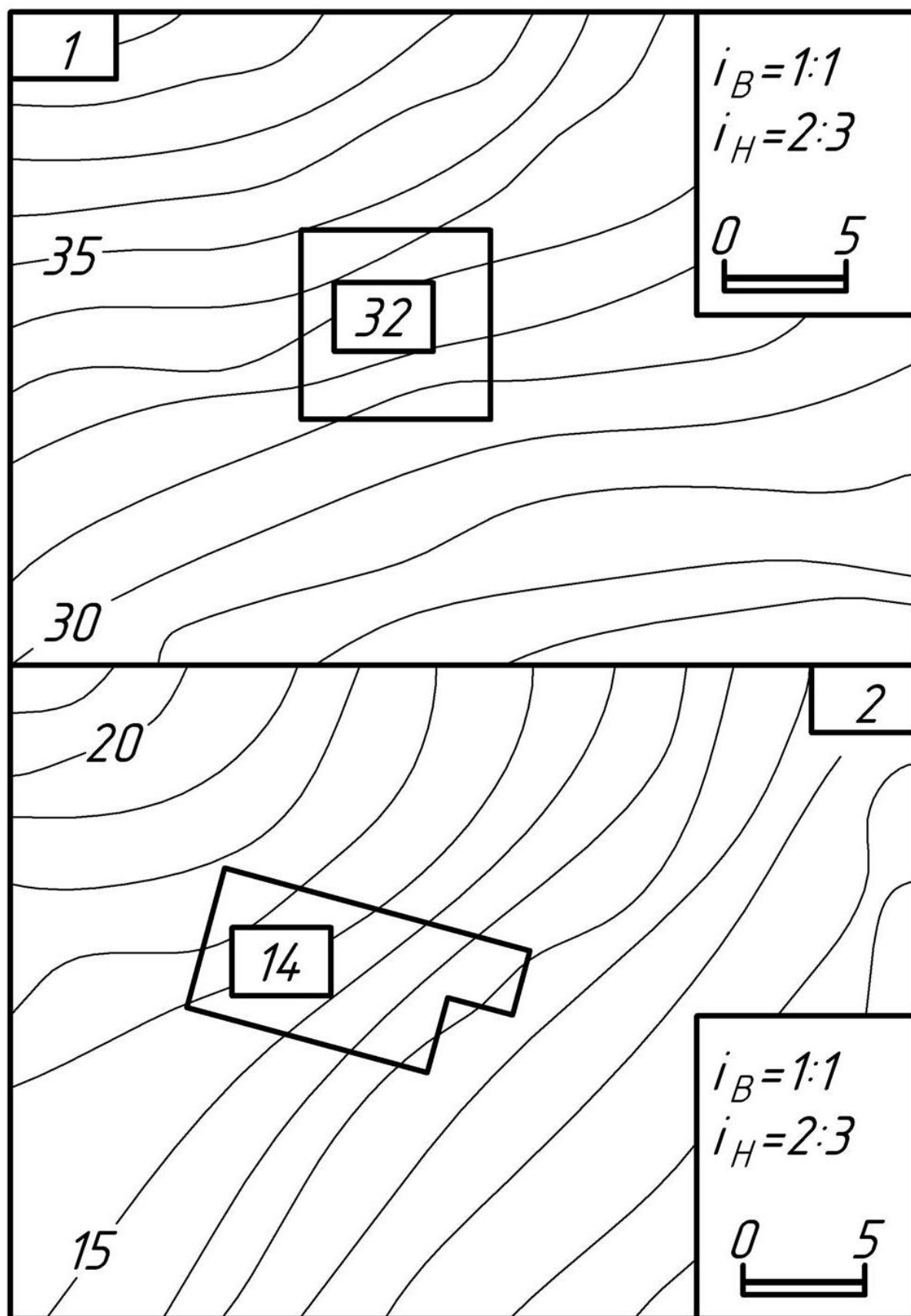
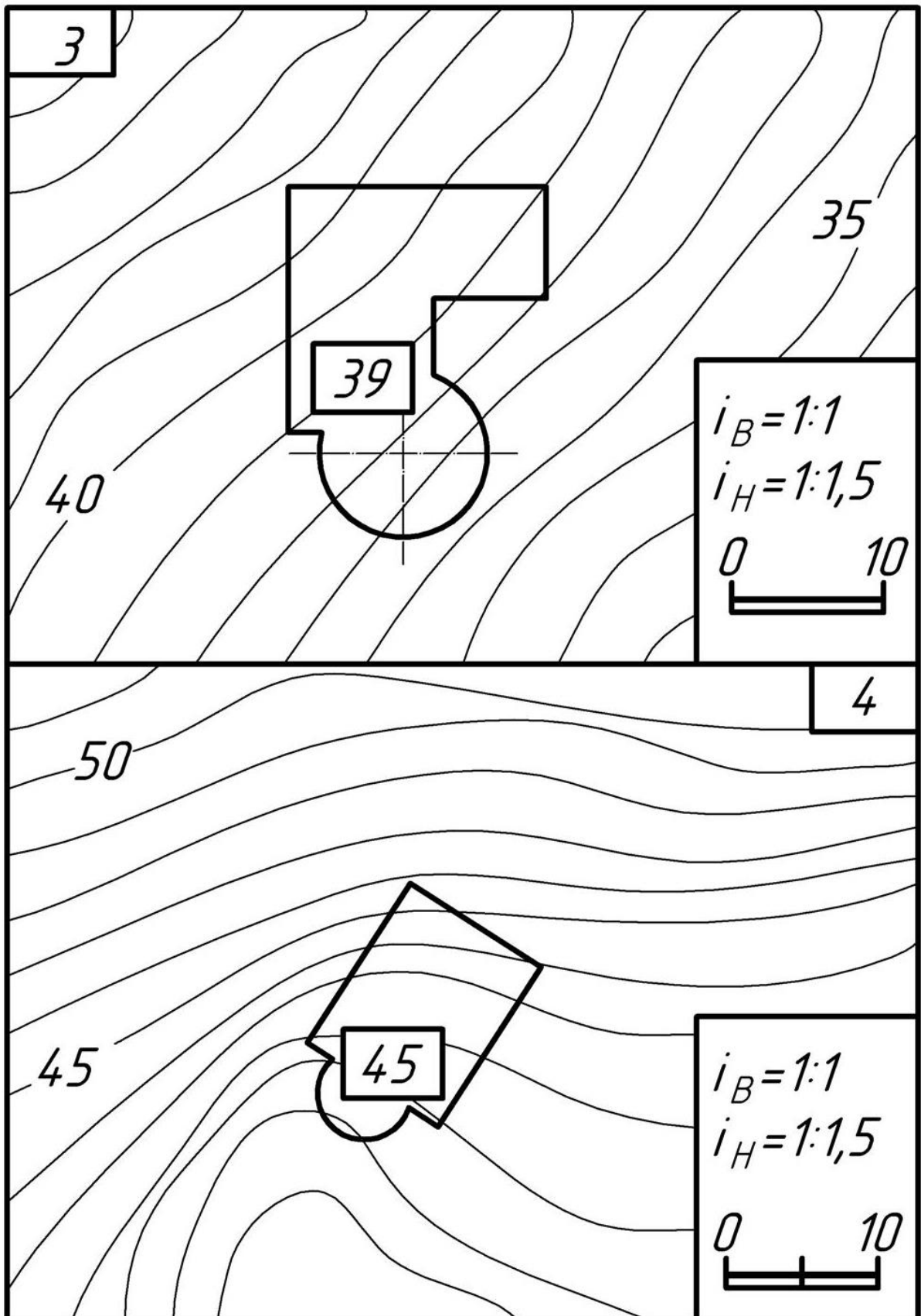


Рис.39

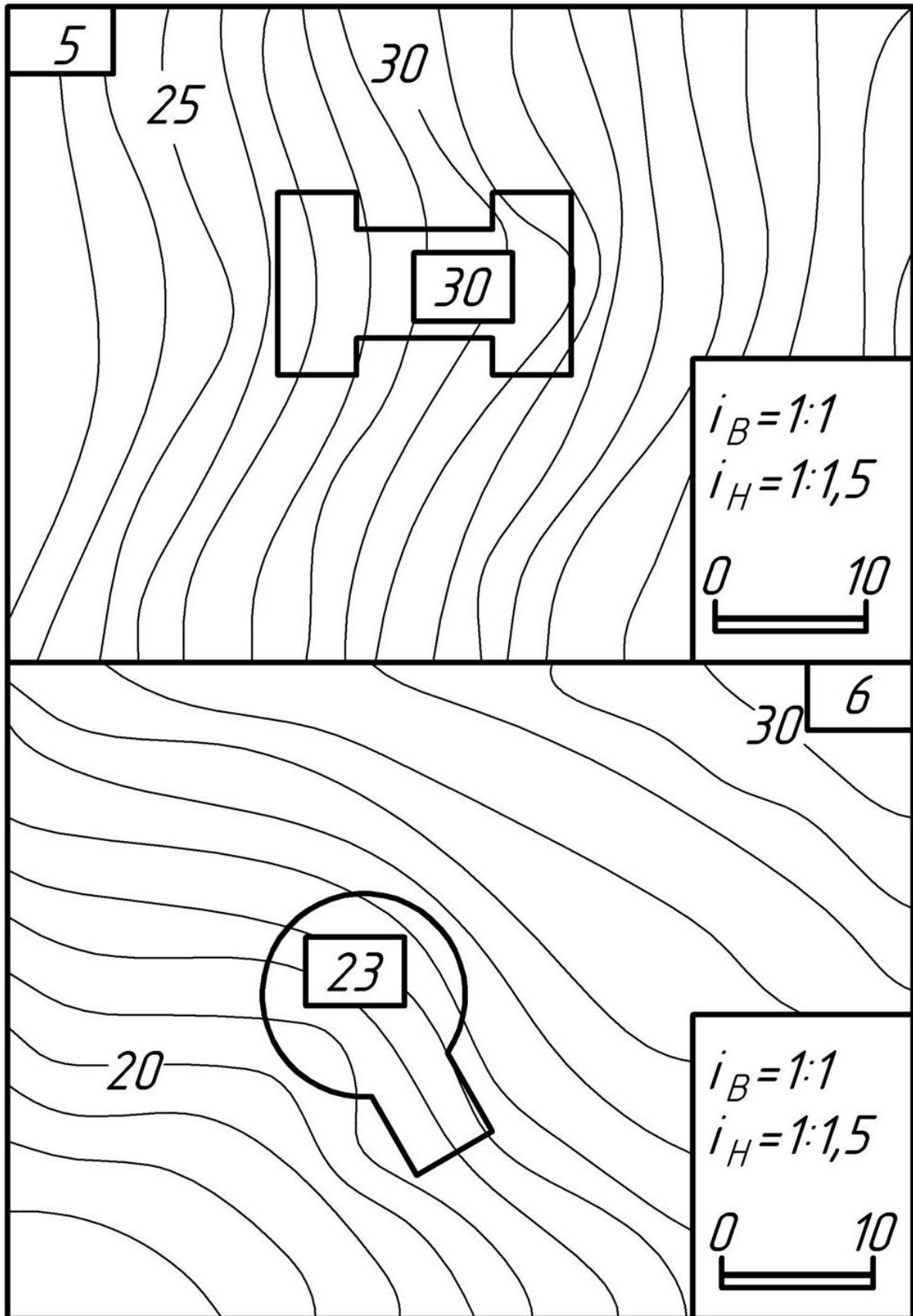




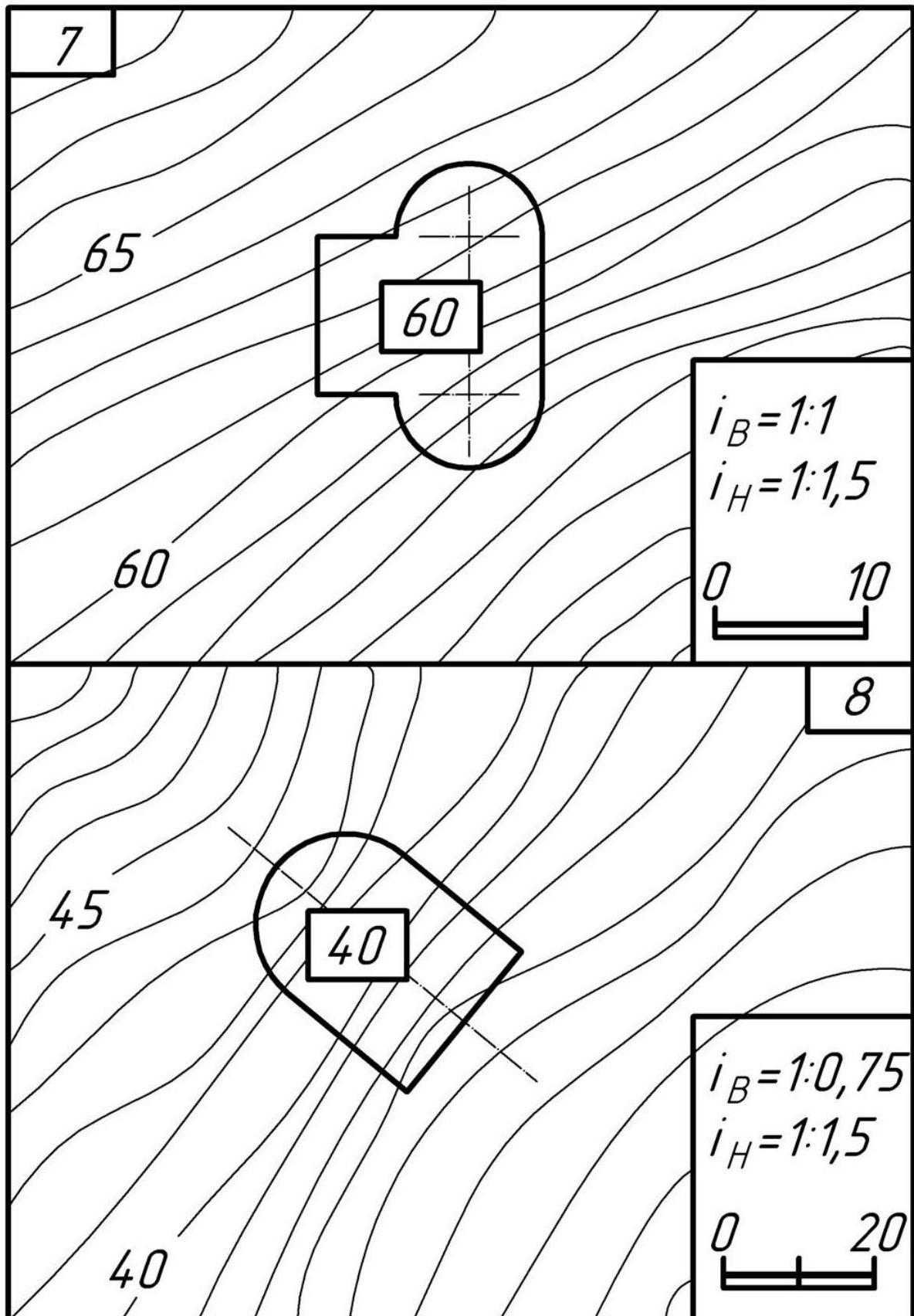
Продовження додатка А



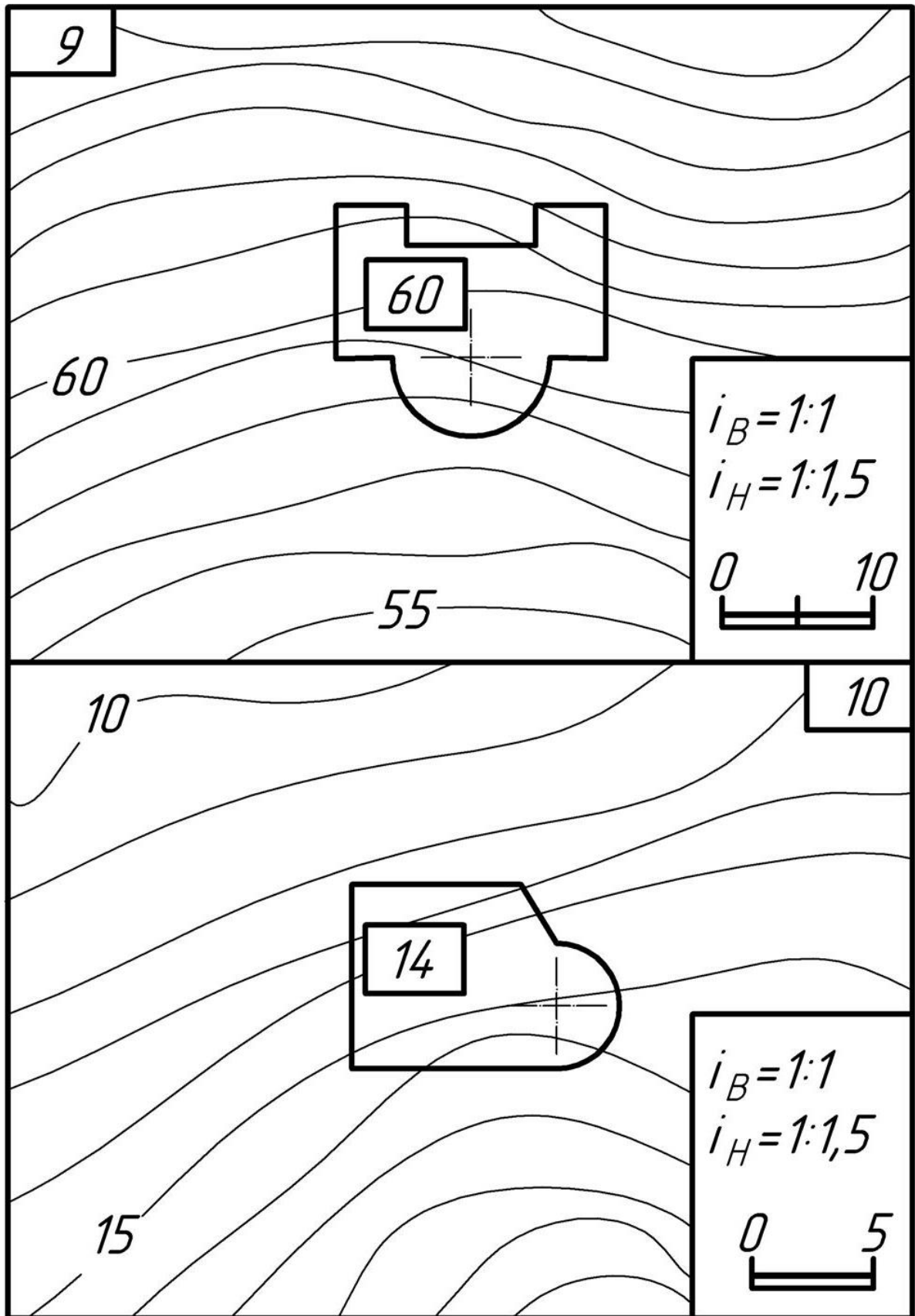
Продовження додатка А



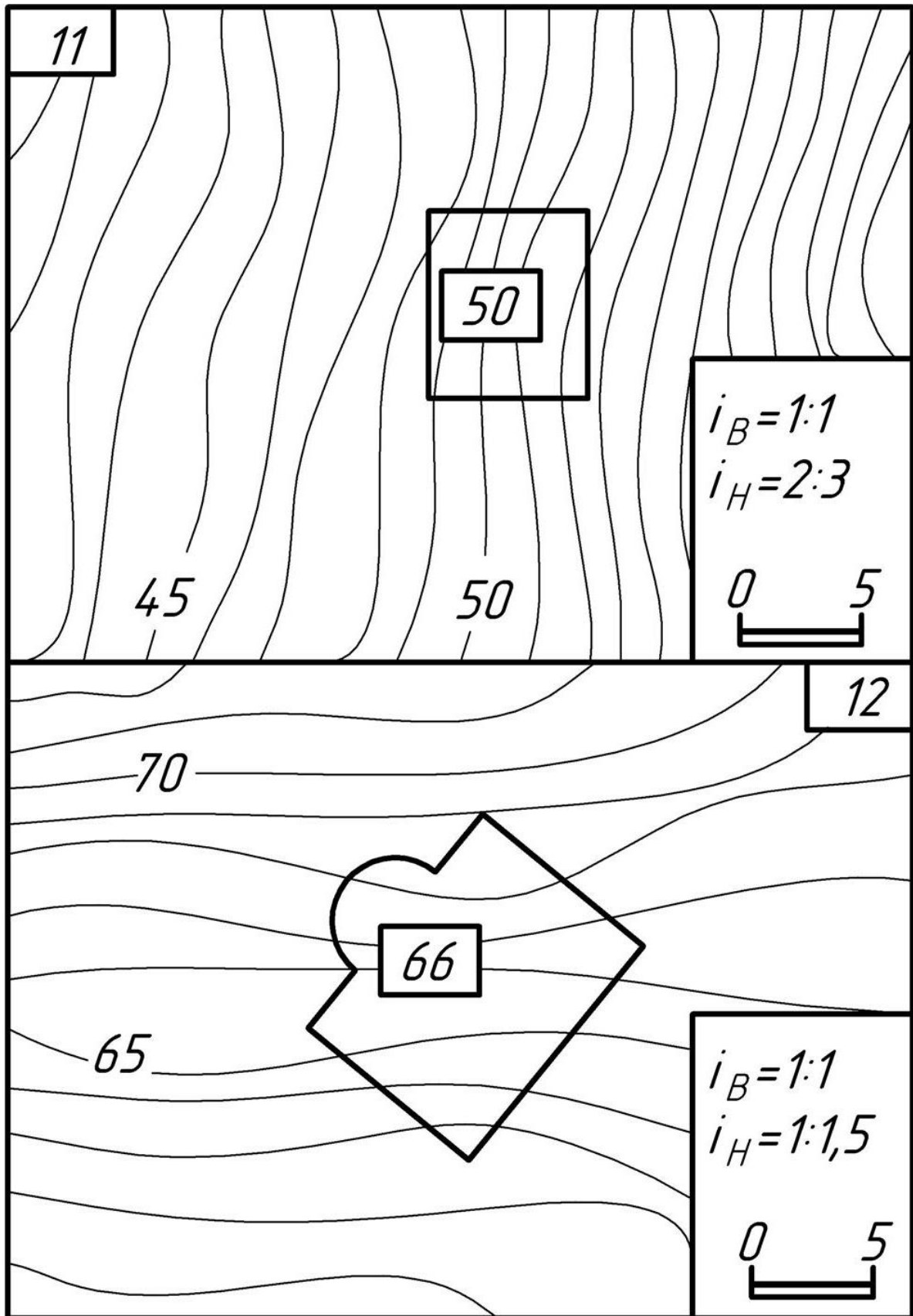
Продовження додатка А



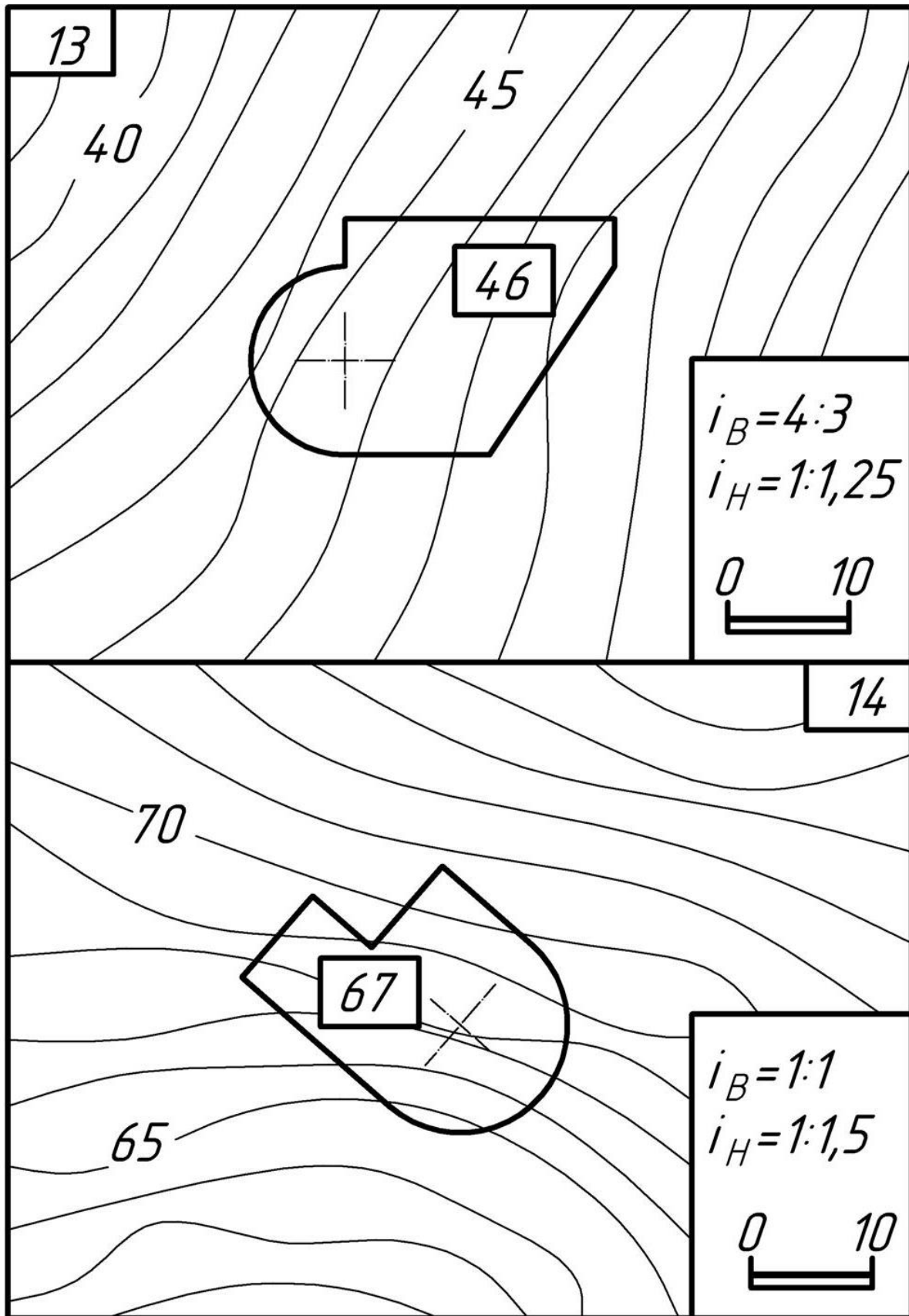
Продовження додатка А

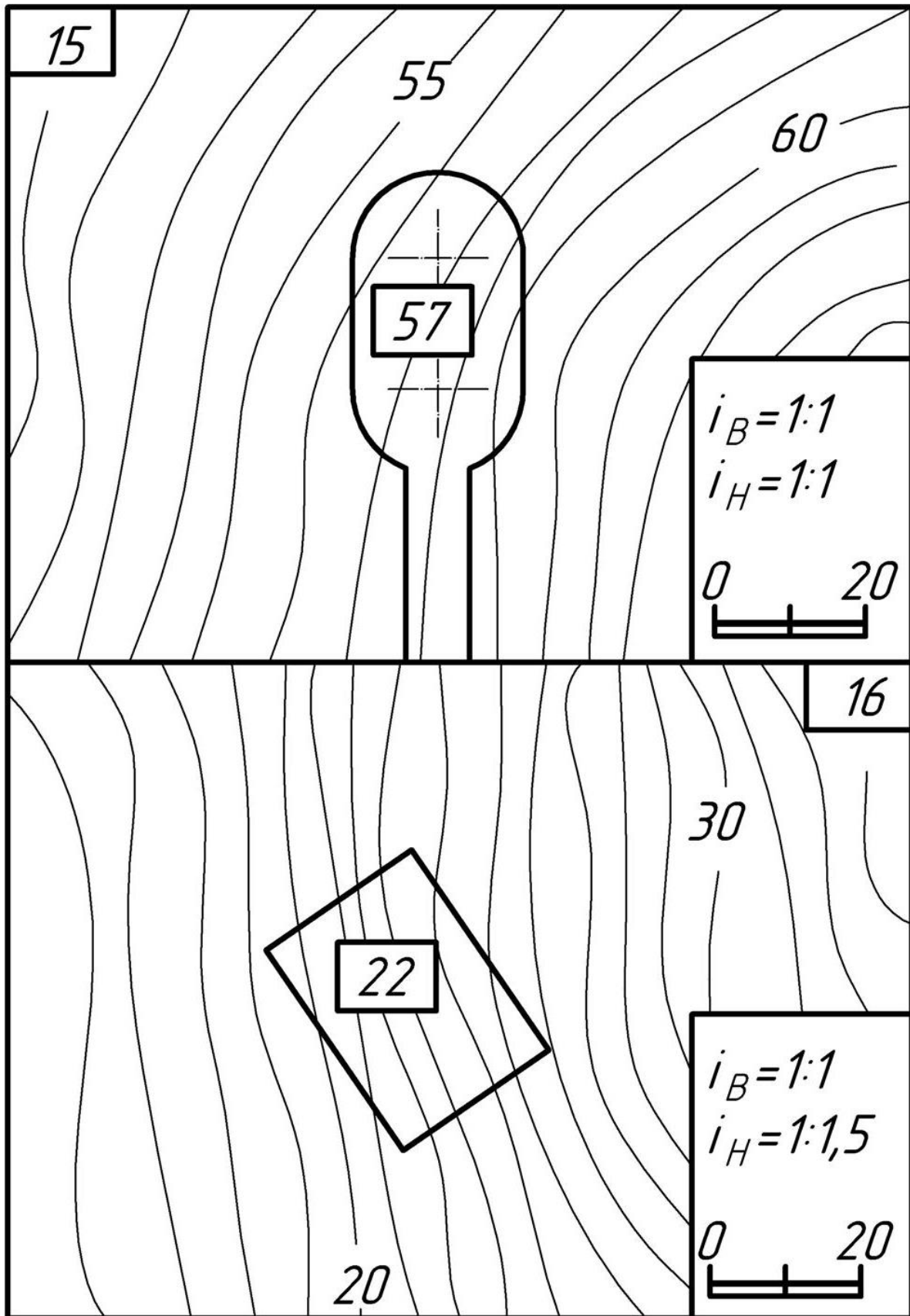


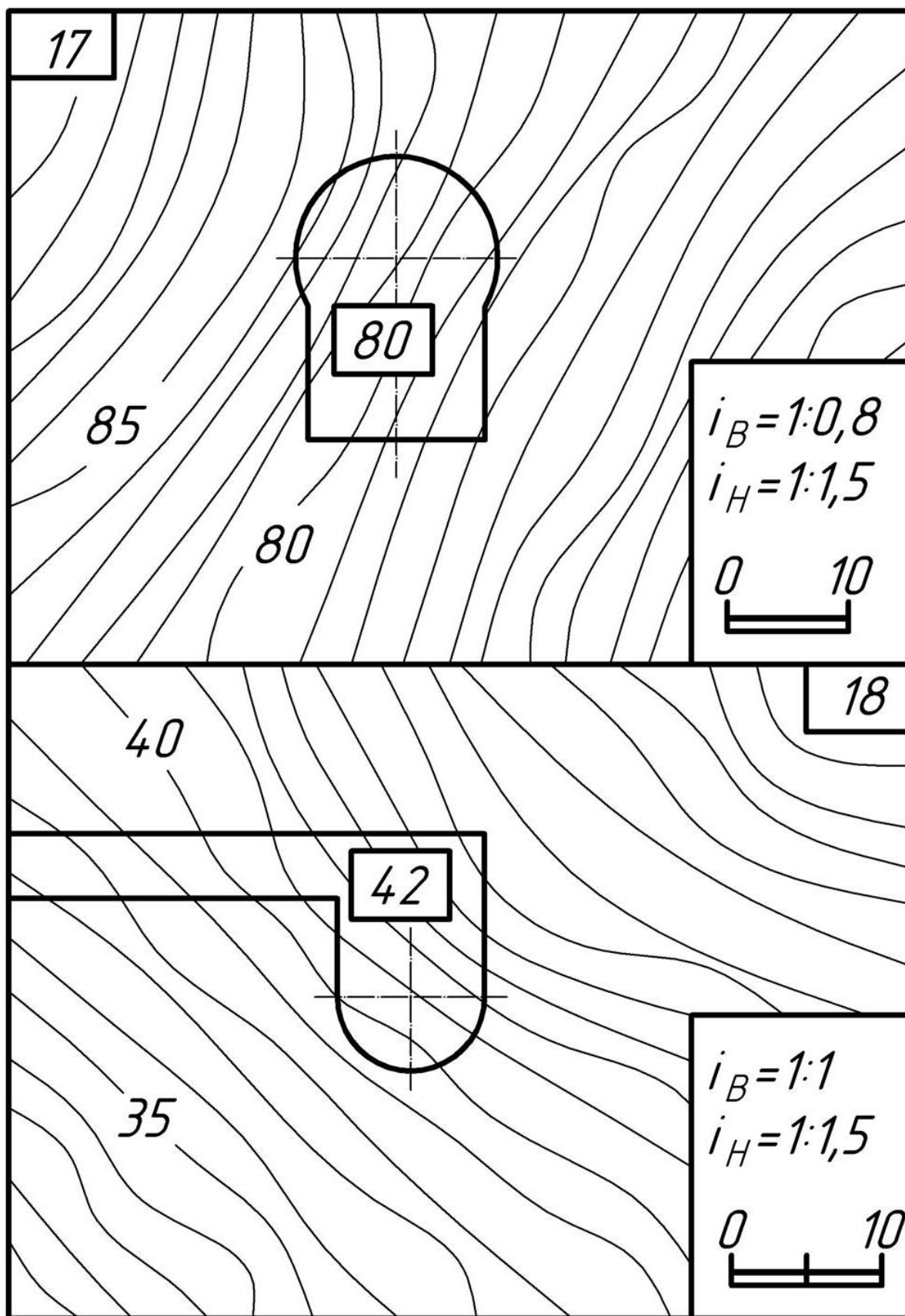
Продовження додатка А



Продовження додатка А

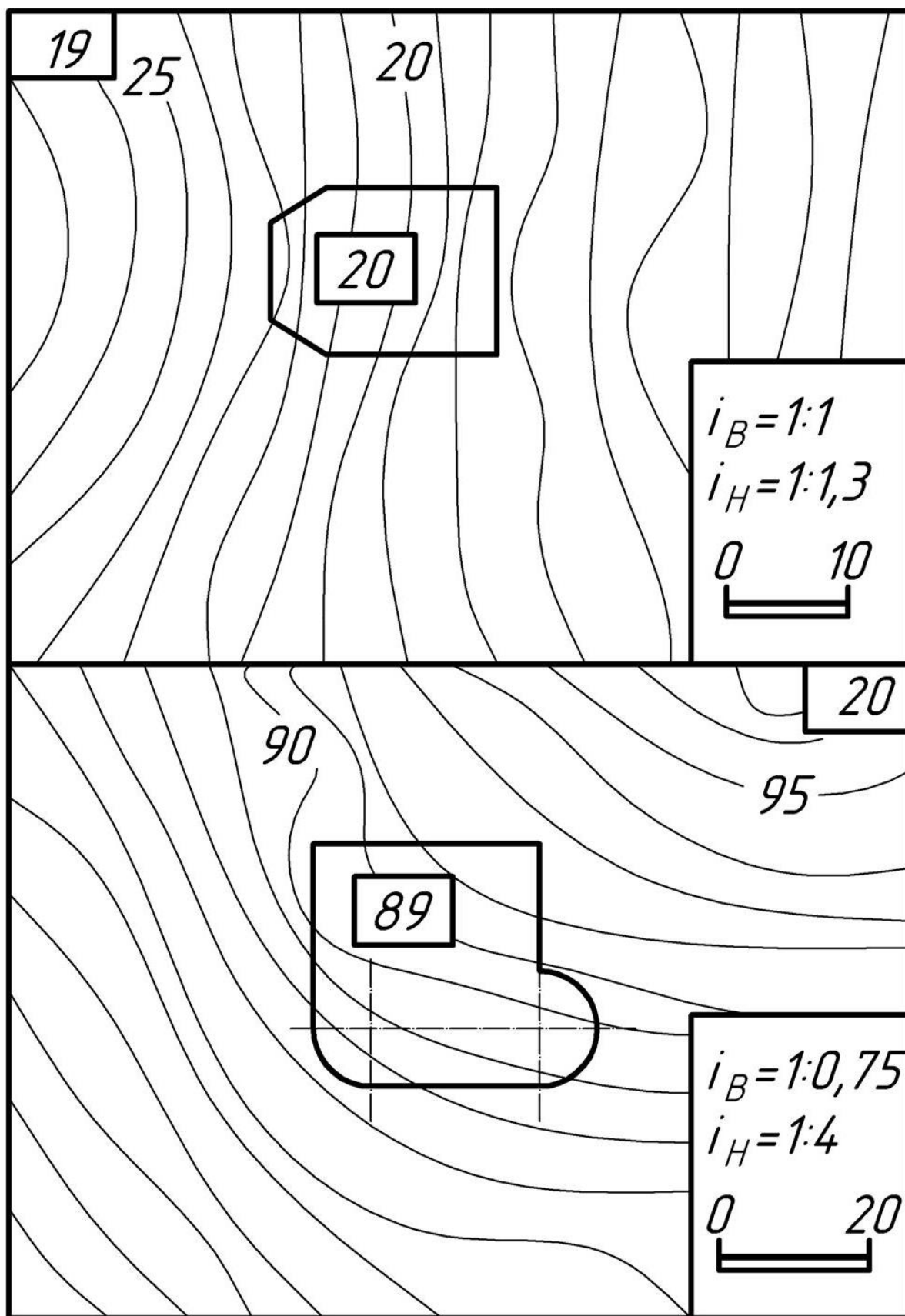




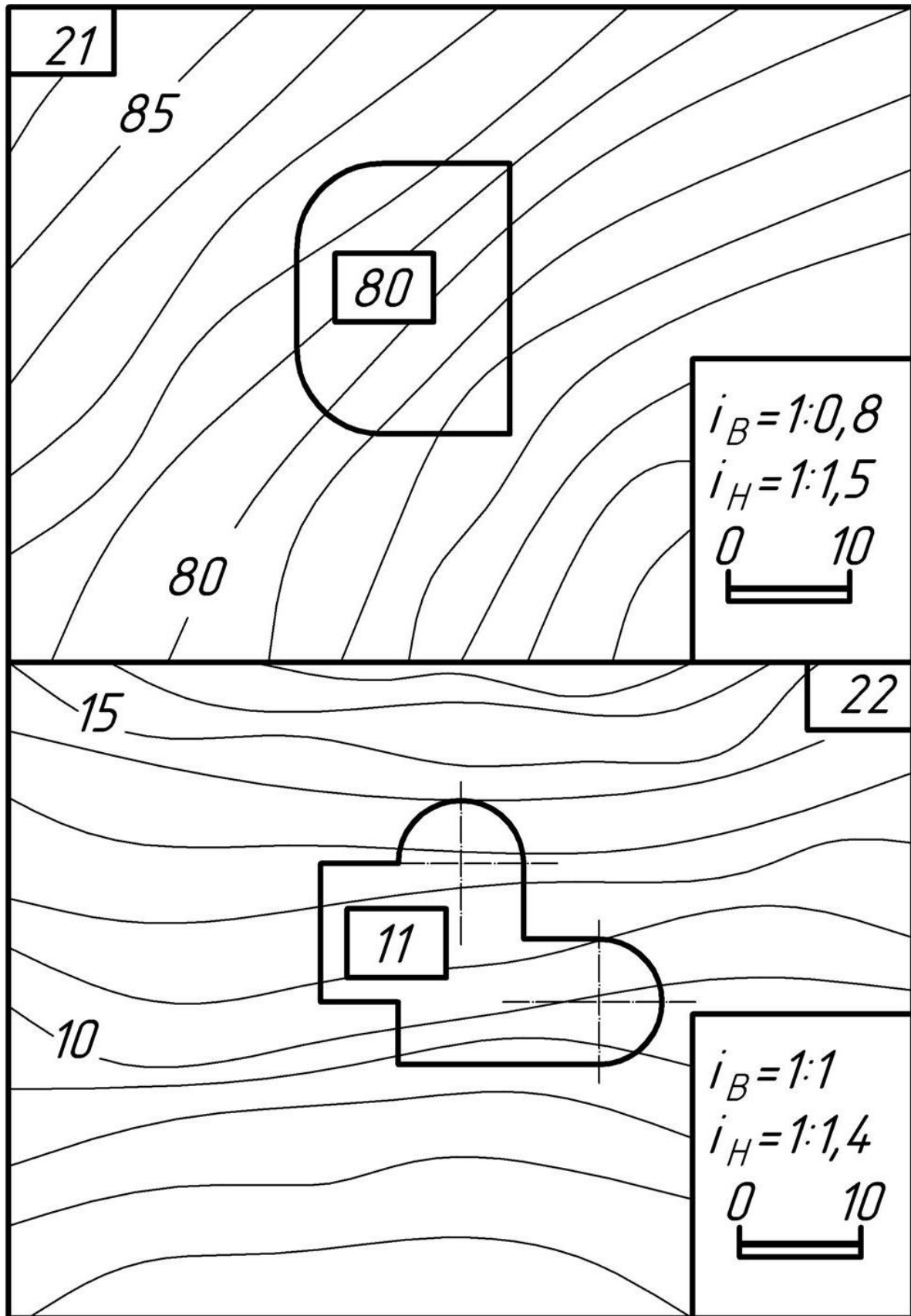




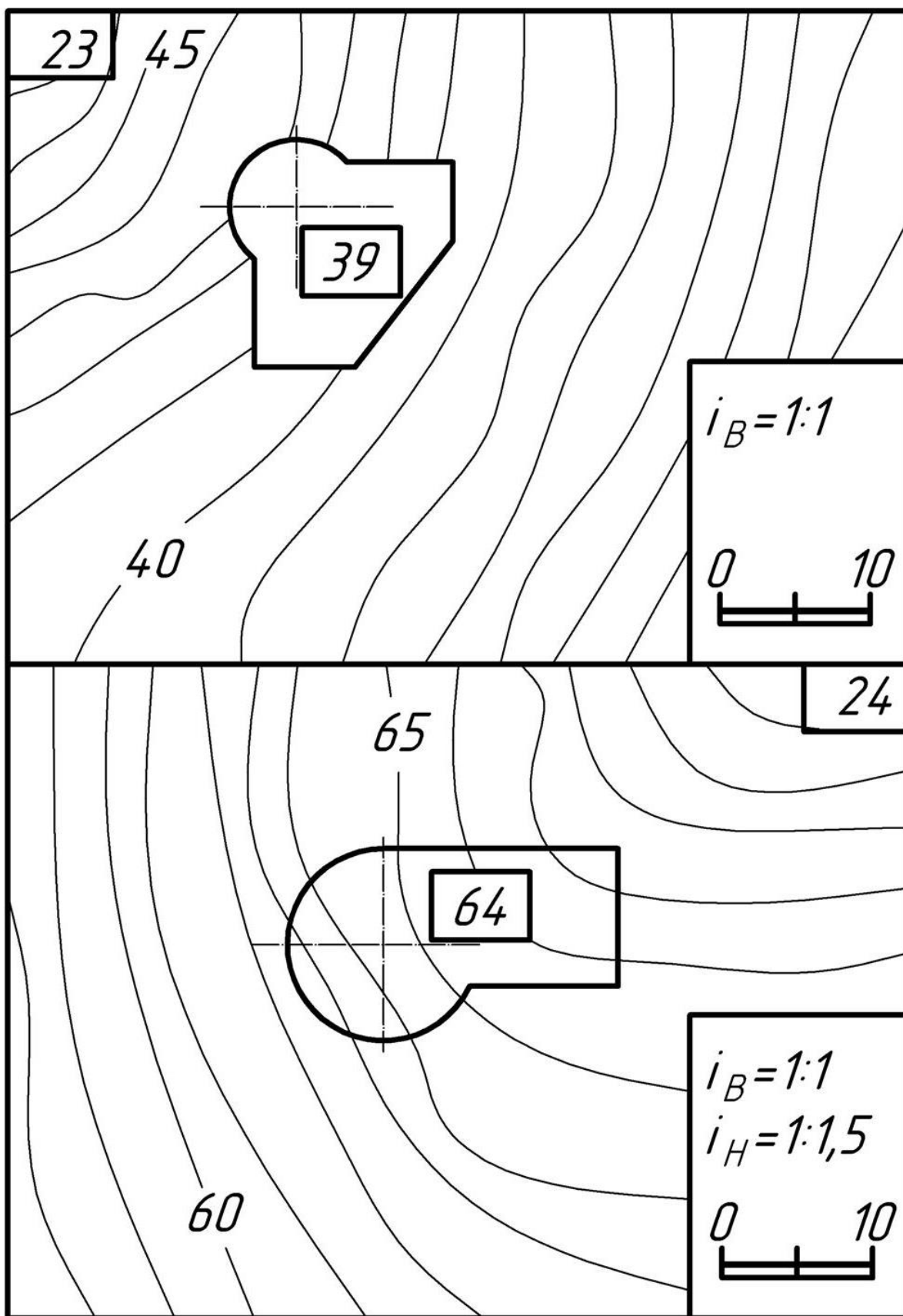
Продовження додатка А



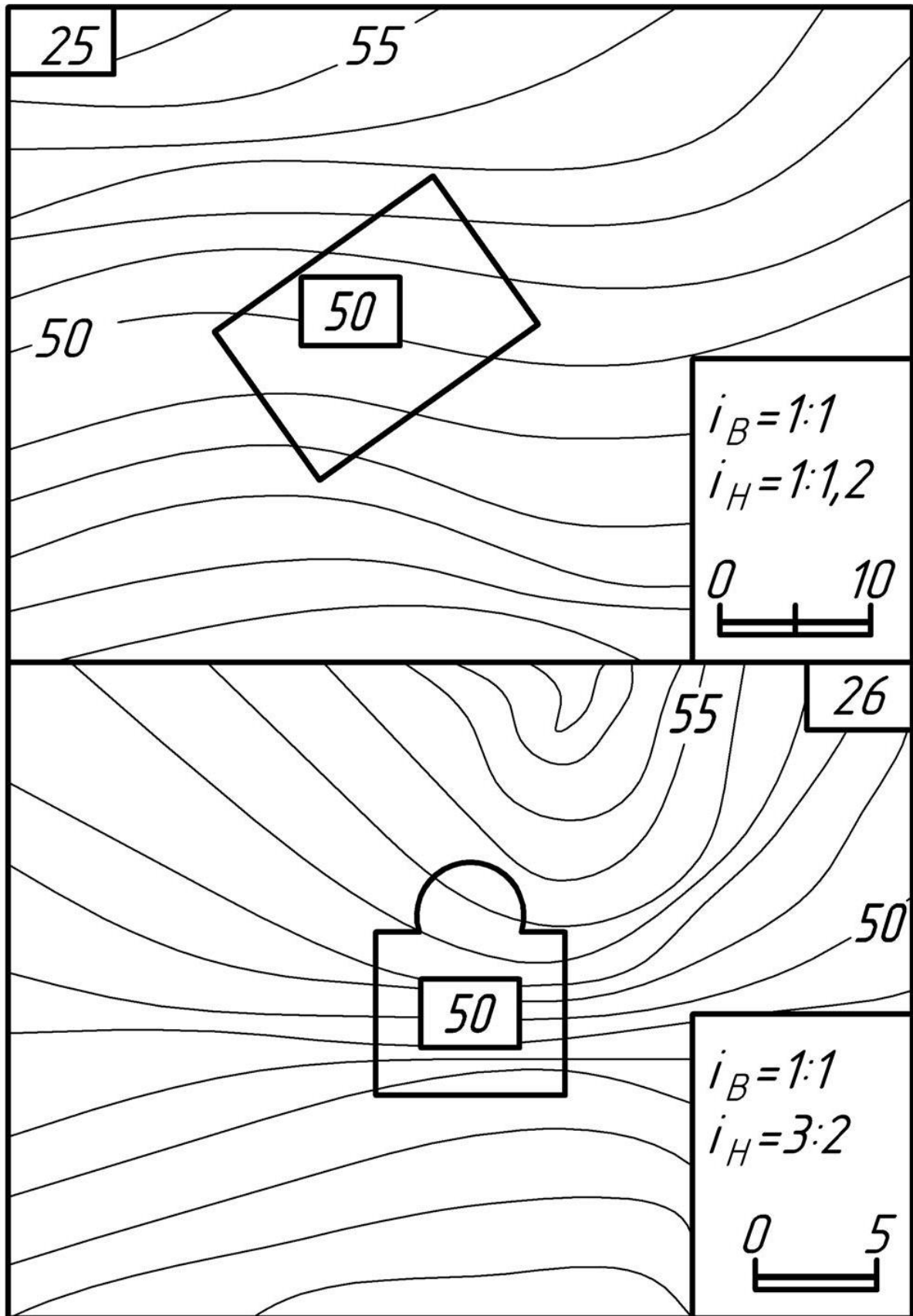
Продовження додатка А



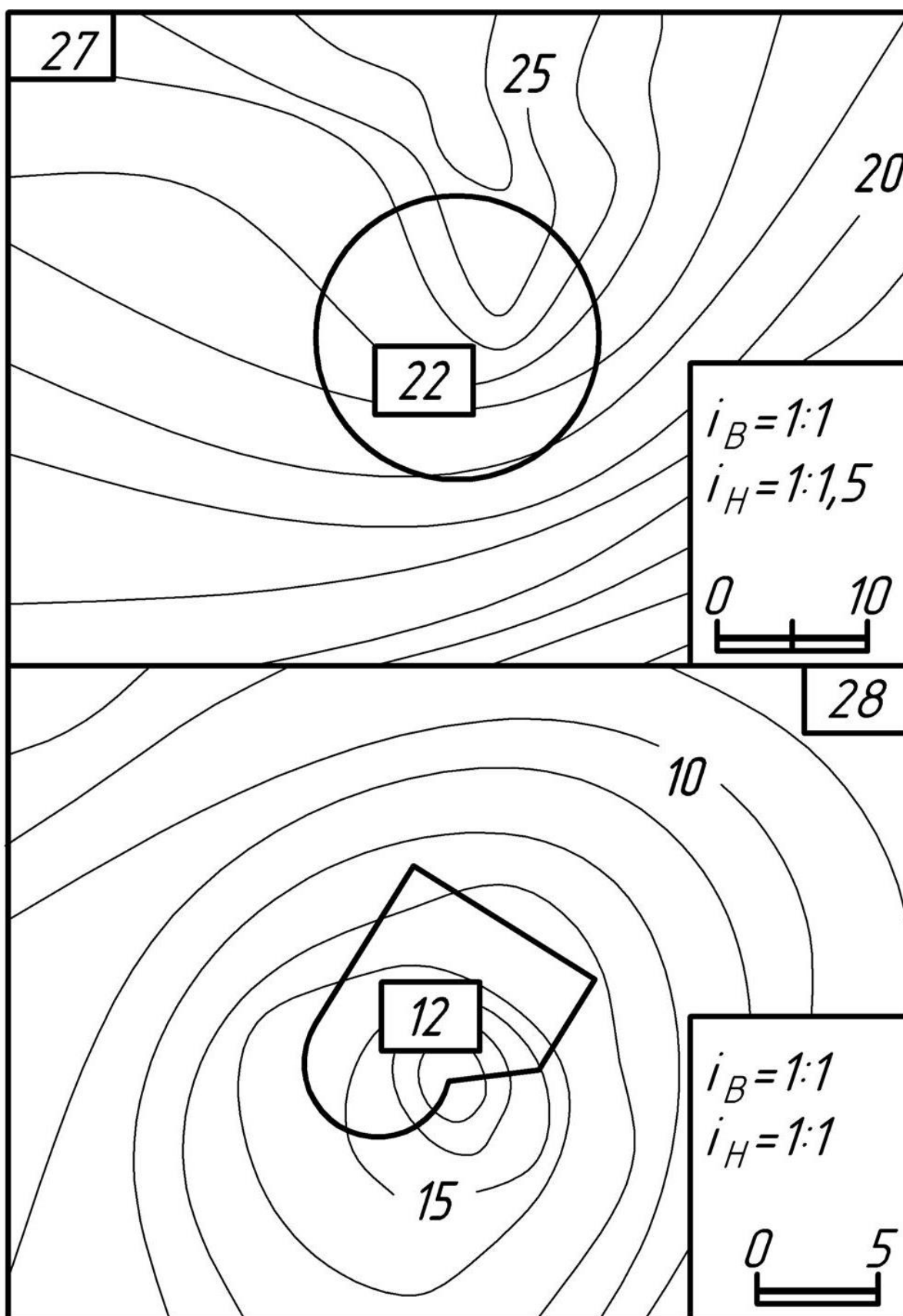
Продовження додатка А



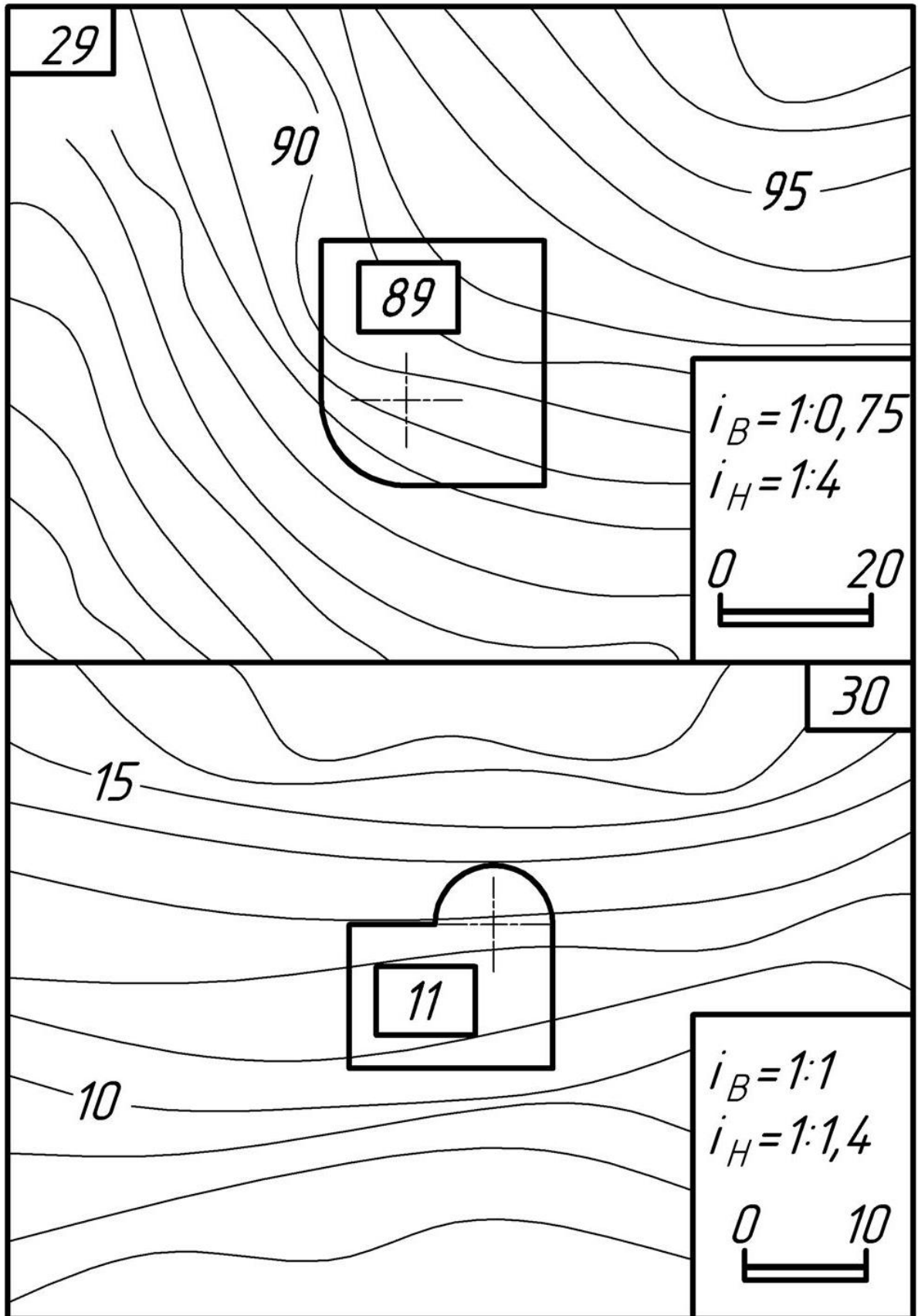
Продовження додатка А



Продовження додатка А



Закінчення додатка А



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Единая система конструкторской документации. – М.: Издат. стандартов, 1979. – 164с.
2. Нарисна геометрія / В.Е. Михайленко, М.Ф. Евстафеева, С.М. Ковальов, О.В. Кащенко – К.: Вища школа, 1993. – 271с.
3. Нікуліна В. Нарисна геометрія. Навчальний посібник / В. Нікуліна – Луцьк: ЛНТУ, 2008. – 134с.
4. Фольта О.В. Нарисна геометрія / О.В.Фольта, Є. А. Антонович, П.В. Юрловський. – Львів: Світ, 1994. – 304с.
5. Годик Е.И. Техническое черчение / Е.И. Годик, Б.М. Лисянский, М.Е. Михайленко. – М.: Высшая школа, 1983. – 440с.
6. Брилинг Н. Черчение: учебное пособие для сред. спец. учеб. Заведений / Брилинг Н. – М.: Стройиздат, 1989. – 420с.
7. Брилинг Н. Стоительное и топографическое черчение / Брилинг Н. – М.: Стройиздат, 1981. – 387с.

## ЗМІСТ

1. Мета посібника .....	3
2. Проекції з числовими позначками .....	3
2.1. Проекції точки .....	4
2.2. Проекції прямої лінії .....	4
2.3. Градування прямої .....	6
2.4. Визначення довжини відрізка прямої та кута нахилу до горизонтальної площини .....	7
2.5. Взаємне положення двох прямих .....	8
2.6. Задавання площини. Характерні лінії площини .....	9
2.7. Пряма і точка в площині .....	11
2.8. Градування площини .....	11
2.9. Взаємне положення двох площин .....	13
2.10. Взаємне положення прямої та площини .....	18
3. Проекції кривих ліній .....	22
4. Проекції гранних і криволінійних поверхонь .....	23
4.1. Багатогранники .....	23
4.2. Конічна поверхня .....	24
4.3. Циліндрична поверхня .....	25
4.4. Сфера, параболоїд та циліндроїд .....	25
4.5. Поверхня рівного ухилу (скату) .....	26
4.6. Поверхня рівностійкого укосу .....	29
4.7. Поверхня рівнодовгого укосу .....	30
5. Топографічні поверхні .....	32
5.1. Перетин площин з топографічною поверхнею .....	34
5.2. Взаємний перетин поверхонь .....	35
6. Зміст завдань .....	38
Додатки .....	40
Перелік посилань .....	55



## Для нотаток

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

## Для нотаток

[illegible]



## Видавництво Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя

виготовляє підручники для вузів, методичну літературу, художні видання, надає редакційно-видавничі та поліграфічні послуги з набору тексту, розробки макетів і друку книги чи будь-якої іншої поліграфічної продукції (брошури, плакати, афіші, календарі).

### КРІМ ТОГО, ВИДАВНИЦТВО ПРОПОНУЄ ТАКІ ПОСЛУГИ:

- дизайн візитівок, буклетів, вітальних листів;
- професійне вичитування і верстку;
- сканування та копіювання;
- чорно-білий і повноколірний друк.



м. Тернопіль,  
вул. Гоголя, 8.  
Тел.: 43-02-09.

e-mail: [vydavnytstvo@tu.edu.te.ua](mailto:vydavnytstvo@tu.edu.te.ua)

Редактор Є.І.Гриценко  
Комп'ютерне макетування Н.М.Новоринської

Видавництво Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя

вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001

**E-mail :vydavnytstvo@tu.edu.te.ua**

Формат 60×84 Папір ксероксний.  
Наклад 200 прим. Зам. № 1409-07.10

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Навчально-методична література